WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.



THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY



WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.



THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

TROISIÈME SÉRIE.

TOME XIX.

PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, nos 39 et 41.

1841.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des travaux publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'Ecole des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint.

M. Ebelmen est chargé généralement des mémoires étrangers.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'état au ministère des travaux publics, à M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
rue Racine, n° 28, près de l'Odéon.

MÉMOIRE ET INSTRUCTION

Sur l'emploi des siphons à la décantation des eaux des bassins de dépôt des lavoirs à mine et des patouillets (1).

Par M. ROUSSEL-GALLE, Ingénieur en chef des mines.

Considérations générales.

L'usage des vannes ou des bondes de décharge adaptées aux déversoirs des bassins d'épuration des appareils de lavage du minerai de fer, est susceptible de nombreux et graves inconvénients. Sous une vanne ordinaire qui se meut de bas en haut, l'eau ayant une vitesse qui n'est pas au-dessous de $2^m,4$ par seconde, pour une charge de $0^m,30$, est plus souillée qu'à la sortie d'un patouillet ou d'un lavoir ; on peut même, à l'aide d'un courant d'eau qu'on introduirait dans le bassin, se débarrasser, par l'agitation, de toute la partie du dépôt qui, récemment formée, n'a pu encore prendre de la consistance ; et d'ailleurs, malgré les prescriptions de tenir fermée pendant le lavage la vanne ou la bonde, avec un cadenas dont la clef doit être remise entre les mains du maire, ce moyen n'en donne pas moins lieu à de grands abus ; car, à l'aide d'une fausse clef, il sera toujours possible, pendant la nuit, et, en général, lorsqu'on ne sera pas surveillé, de vider promptement le bassin de toute l'eau fournie par le lavage d'une ou plusieurs journées.

Pour éviter une partie des inconvénients des vannes qui se meuvent de bas en haut, des in-

(1) Le présent mémoire a été rédigé à la demande du conseil général des mines et d'après l'ordre de M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics.

génieurs avaient proposé, soit des vannes qui se mouvraient de haut en bas, soit un barrage composé de poutrelles horizontales qu'on enlèverait successivement à mesure que baisserait le niveau de l'eau dans le bassin. Mais l'un et l'autre de ces moyens seraient très-difficilement praticables : pour la vanne, il faudrait que l'eau passât sur son bord supérieur en tranches assez minces, afin que la vitesse qui en résulterait dans le bassin ne pût, dans aucun cas, entraîner les matières récemment précipitées; ainsi, cette vanne devrait être baissée, chaque fois pour ainsi dire, de la différentielle de sa hauteur, manœuvre qui serait trop minutieuse et trop assujettissante pour pouvoir être facilement exécutée; et quelle que fût la perfection qu'on pourrait apporter dans la construction de cette vanne comme dans celle de la première, il y aurait toujours des précautions à prendre pour empêcher l'eau trouble de s'échapper par les bords latéraux.

Pour les poutrelles, qu'il faudrait enlever une à une, après avoir attendu l'abaissement du liquide à leur niveau, la manœuvre en serait plus assujettissante encore, et il faudrait, en outre, après avoir remonté le barrage, en rendre les joints et les côtés parfaitement étanches; de sorte que l'emploi de l'un ou de l'autre de ces moyens serait aussi abusif et aussi illusoire que celui de la vanne se mouvant de bas en haut; surtout si on voulait s'en servir pendant le lavage, après avoir laissé l'eau trouble s'éclaircir par le repos. Ainsi on doit établir en principe, que lorsque les bassins d'épuration sont terminés par des déversoirs de superficie, ceux-ci, pour la garantie des riverains, doivent être pleins, c'est-à-dire sans bonde

ni vanne pour l'écoulement des eaux, soit pendant, soit après le lavage. Cet écoulement ne pourra donc plus avoir lieu, dans le premier cas, que sur le couronnement d'un déversoir, lorsque les circonstances n'exigeront pas que les eaux soient parfaitement clarifiées; et dans le second, par l'intermédiaire d'une machine hydraulique qui mette le bassin à sec sans toucher au dépôt de morée (1); et lorsqu'on sera obligé de fournir des eaux limpides pendant tout le cours du lavage, cette machine enlèverait, dans un temps déterminé, de la masse du liquide éclairci par le repos, une tranche dont le volume correspondrait à un travail donné du patouillet.

Les conditions auxquelles le jeu de cette machine doit satisfaire sont les suivantes : 1° que l'eau soit prise constamment à la superficie; 2° que la vitesse soit uniforme, et jamais trop grande pour troubler le liquide et entraîner au dehors une partie de la morée; 3° que l'appareil hydraulique n'exige aucune surveillance, qu'il fonctionne par conséquent de lui-même sans être susceptible de dérangement. Or, nous allons voir qu'un siphon adapté à un flotteur peut remplir à la fois ces trois conditions essentielles. En effet, ainsi disposé, il descendra de lui-même au fur et à mesure de l'abaissement du niveau du liquide, et les tranches de la superficie seront livrées les premières à l'écoulement; la pression motrice à laquelle sera due la vitesse de sortie restera constante, l'écoulement sera parfaitement uniforme et se conti-

(1) C'est le terme usité dans le département de la Haute-Marne, pour désigner les matières terreuses que laissent déposer les eaux du lavage du minerai de fer.

nuera sans la moindre altération et sans qu'on ait à le surveiller en rien; et quant à la condition que la vitesse à la surface ne dépasse pas une certaine limite, quelle que soit la quantité d'eau à enlever dans l'unité de temps, afin de pouvoir, malgré l'abaissement du flotteur et son rapprochement de la morée, maintenir celle-ci intacte à toutes les époques du lavage, on conçoit la possibilité d'y satisfaire en établissant sous le flotteur un plan horizontal au moyen duquel on préviendra évidemment, non-seulement l'effet direct de l'aspiration verticale du siphon, mais encore la corrosion de la morée sur une étendue égale à celle de ce plan; de sorte que la vitesse, décroissant en raison inverse de la distance au centre de l'ouverture du siphon, sera, pour une même affluence, d'autant plus petite à l'arrivée de l'eau sur le plan, que le contour de celui-ci sera plus étendu, et bientôt, à une hauteur donnée du liquide répondra un terme où le mouvement qui aura lieu à sa superficie sera sans aucune action sur celle de la morée.

Si devant, pour l'écoulement permanent des eaux de lavage, faire usage d'un déversoir de superficie, on a disposé horizontalement le fond du bassin, la surface du dépôt de morée sera inclinée vers ce déversoir; et dès que, par suite de l'abaissement du niveau de l'eau au moyen du siphon, lequel ne serait dans ce cas employé que momentanément pour vider le bassin, la partie d'amont du dépôt sera à découvert, la vitesse à la surface croîtra en raison inverse de la superficie variable du liquide, et de très-petite qu'elle serait d'abord, elle pourrait devenir assez grande pour entamer le dépôt; mais il sera toujours facile de prévenir ce

léger inconvénient, qui pourrait même être nul avec un siphon d'un petit diamètre, en diminuant, vers la fin de l'écoulement, le produit dans l'unité de temps, et, par suite, la vitesse, au moyen du robinet qui sera adapté à l'extrémité de la longue branche du siphon.

Description de l'appareil, et moyen de s'en servir.

L'appareil que nous allons décrire, et qui a pour lui la sanction de l'expérience, est celui qui conviendra dans le plus grand nombre de cas. Nous verrons plus tard quelle modification il conviendra d'y faire lorsque le flotteur, chargé d'un poids considérable, devrait avoir de trop grandes dimensions pour ne déplacer, comme cela doit être, en général, qu'une hauteur d'eau d'environ trois centimètres. Cet appareil se compose : 1° d'un siphon en fer-blanc ou en cuivre, qui doit être d'un calibre constant, d'un bout à l'autre, et dont les dimensions doivent être appropriées à la chute qu'on a à sa disposition et à la quantité d'eau qu'il faut enlever dans l'unité de temps; 2° d'un flotteur destiné à servir de support au siphon, muni d'un compartiment horizontal pour prévenir l'entraînement de la morée; 3° d'un levier placé, comme l'indiquent les figures 1 et 2 ci-jointes, sur la face supérieure du flotteur et suivant la ligne perpendiculaire qui divise sa longueur en deux parties égales. Les deux brar :hes du siphon sont parallèles, et selon leu artement, déterminé par la largeur du déversoir ou, en général, du barrage qui termine le bassin, elles sont réunies par une demi-circonférence, ou par un tube droit que termine de part et d'autre un quart de cercle; et, en outre, à la plus longue branche est vissé un robinet dont l'ouverture circulaire doit avoir le même diamètre que le siphon. Le levier est percé,

à l'un de ses bouts, d'une ouverture circulaire qui reçoit la petite branche, et, à l'aide d'un petit contre-poids qu'on fait glisser à l'autre extrémité, il fait équilibre au poids du siphon plein d'eau et à celui du robinet, lesquels tendent à entraîner le flotteur dans un mouvement de rotation autour de son centre de gravité. Le siphon est lié au levier au moyen d'une tringle inclinée, qui a le double objet de l'empêcher de tourner autour de son axe et de se déformer en cédant à son propre poids dans la partie qui touche le flotteur; il est en outre retenu au-dessus de l'ouverture du levier par un petit bourrelet. Lors des expériences que j'ai faites, dans le but de vérifier les lois de l'écoulement et de savoir quelle formule il convient d'employer pour la détermination du diamètre, j'avais arrêté le siphon sur le levier, au moyen d'un anneau à charnière qu'on serrait plus ou moins avec une vis; ce qui, à l'aide d'une division en décimètres et centimètres, tracée sur la petite branche, permettait de faire varier à volonté la charge d'eau ou pression motrice, représentée par la différence de niveau entre la surface du liquide et l'extrémité du tube du robinet.

Le flotteur doit être à la fois léger et imperméable; il faut qu'il s'enfonce le moins possible dans l'eau du bassin, pour éloigner le plus possible son contact avec le fond, et qu'une fois équilibré, il conserve la position horizontale. Ainsi, il doit avoir la forme d'une caisse très-aplatie et plus longue que large, et se composer d'un châssis en bois léger, recouvert de feuilles minces de zinc ou de cuivre (1). Pour mettre en

(1) La véritable forme du flotteur serait celle d'un demi-

jeu l'appareil on renverse le siphon, on en place les deux ouvertures, autant que possible, au même niveau, et on ouvre le robinet; on emplit d'eau, on referme le robinet, on bouche l'autre extrémité, soit avec un couvercle entrant à frottement, soit avec un tampon de liége; on adapte le siphon au flotteur, et en même temps, à l'aide d'une tringle à crochet, on fait glisser le contre-poids jusqu'à ce qu'il y ait équilibre; on débouche la petite branche, on ouvre le robinet et l'écoulement a lieu. Il importe que le développement de la longueur du siphon soit le plus court possible; c'est pour cela que si l'appareil doit fonctionner en même temps que le patouillet, au lieu d'un déversoir en maçonnerie, dont l'épaisseur ne serait pas au-dessous de 50 centimètres pour une longueur de 3 à 4 mètres, on établira un petit batardeau formé de deux rangées de madriers dont l'*intervalle* d'un décimètre serait rempli par un corroi de glaise, et dont les extrémités seraient encastrées dans deux piliers de maçonnerie, écar-

---

cylindre aplati, dont l'axe se confondrait avec celui de la petite branche du siphon. En effet, les vitesses des filets fluides croissant en raison inverse de la distance au centre, les résistances auxquelles elles donneraient lieu seraient les mêmes pour des distances égales, et leur somme serait plus petite que pour toute autre forme qui satisferait, d'ailleurs, à la condition principale de la question : celle que le flotteur ne s'enfonçât pas au delà d'une certaine limite pour un poids donné. Le calcul nous apprendra, plus tard si la forme demi-circulaire est indispensable. Afin d'éviter l'effet des grandes vitesses entre le flotteur et le déversoir, lesquels, dans tous les cas, doivent être très-rapprochés l'un de l'autre, pour que le siphon soit le plus court possible, il faut que l'eau ne puisse s'introduire que par le bord antérieur et par les bords latéraux.

tés l'un de l'autre, seulement de la distance nécessaire pour le jeu et le placement de l'appareil.

Pendant qu'il fonctionnera, le système sera retenu en place par l'intermédiaire d'un anneau à charnière, fixé sur la face extérieure du déversoir ou des madriers du barrage, et dans lequel descendra librement la longue branche du siphon. La *fig.* 1re du dessin ci-joint est le plan de l'un de nos appareils destinés à fonctionner pendant le lavage, et la *fig.* 2 en est une coupe selon la ligne VV, qui passe par l'axe du levier et celui du siphon; sur l'un et sur l'autre les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

FF est le flotteur (les lignes ponctuées représentent le châssis sur lequel sont appliquées des feuilles de zinc ou de cuivre); L, un levier en sapin, garni, à partir des points *q*, de rebords entre lesquels on fait glisser comme dans une coulisse le contre-poids *p*, au moyen d'une petite tringle terminée par un crochet;

SS, siphon muni de son robinet R, et retenu par le bourrelet B et la tringle T, sur le levier L, auquel il est adapté par l'ouverture circulaire O, garnie d'une virole de cuivre ou de fer-blanc; au-dessous, dans une plaque de tôle forte fixée sur le châssis du flotteur, est une autre ouverture semblable qui est comme la projection de la première et dans laquelle entre le siphon, seulement jusqu'à ce que son extrémité vienne affleurer la face inférieure de la plaque;

T, tringle en fer terminée à chaque bout par un étrier qui sert d'une part, à la fixer au levier, par des vis à bois, de l'autre au siphon par des crochets qui s'engagent dans les petites douilles D et D';

E, E′, étriers fixés comme la plaque de tôle sur le châssis du flotteur pour recevoir le levier L; le premier est percé d'un trou en son milieu, par lequel on introduit une petite cheville de fer pour maintenir ce levier dans une position invariable et l'empêcher d'être entraîné par le poids du siphon;

P, P′ piliers de maçonnerie dans lesquels sont encastrées deux rangées de madriers M, M′, dont l'intervalle est rempli de glaise;

A, anneau à charnière, implanté sur le madrier M′, et destiné à retenir le système dans la position indiquée par le plan en le laissant descendre librement selon la verticale, au fur et à mesure de l'abaissement du niveau N du liquide; dans cette descente, le flotteur peut glisser contre les liteaux triangulaires *l* et *l′*, fixés sur les madriers M, et qui servent à éviter le frottement des angles *e et e′*, sur les piliers P et P′.

C, compartiment horizontal par lequel l'eau arrive pour entrer dans le siphon; il est fermé sur la ligne *g*HH′*g′*, de sorte que l'eau ne peut s'introduire que par la partie antérieure *aa′*, et par les parties latérales pour se rendre dans le compartiment vertical C′, où plonge la petite branche du siphon, et auquel on donne seulement la largeur de $0^m,1$ et la longueur de $0^m,5$ à $0^m,6$, nécessaires pour pouvoir déboucher commodément l'ouverture du tube en introduisant le doigt dans l'anneau représenté sur la figure, et pour que le jeu du siphon ne soit pas interrompu par l'introduction de l'air due à un trop grand abaissement du niveau de l'eau dans le compartiment C′; il porte en outre un rebord sur toute la ligne *gaa′g′*, qui pourrait être circulaire et qui doit

l'être, en effet, lorsque le volume d'eau à enlever par seconde est considérable ; car toute la partie qui excède le cercle inscrit devient inutile. Au moyen de ce rebord, il peut s'enfoncer jusqu'à un certain point dans la morée, sans que pour cela le siphon donne de l'eau trouble, pourvu toutefois qu'on ait soin de diminuer la vitesse du liquide en fermant à demi ou aux trois quarts l'ouverture du robinet; fermeture qui peut avoir lieu spontanément par la descente même de l'appareil : il suffira, en effet, de placer sur le carré de la clef du robinet un levier qui, venant rencontrer une cheville fixe, fera tourner cet axe à partir d'un point déterminé. C'est aussi pour prévenir, autant que possible, l'entraînement de la morée lorsque le flotteur ira toucher le fond, que la face inférieure du compartiment C doit s'étendre d'environ $0^m,08$ au delà de la ligne *gaa'g'*, et être garnie d'un rebord de $0^m,027$.

Du reste, et surtout lorsque le siphon devra fonctionner pendant le lavage, il faudra, comme nous le verrons bientôt, donner à ce compartiment une section telle que la résistance due au frottement de l'eau contre ses parois, ne diminue pas sensiblement la vitesse dans le siphon.

Mon but, en proposant, pour la décantation des eaux de lavage du minerai de fer, l'appareil qui vient d'être décrit, devait se borner d'abord à l'écoulement des eaux qui recouvrent les dépôts de morée à l'époque où ils ont atteint la limite prescrite par les ordonnances de permission; mais il résulte des expériences que j'ai faites pour en constater l'efficacité, qu'on peut étendre l'usage de cet appareil, et en tirer un moyen nouveau, aussi simple que certain, de rendre à leur cours

naturel, complétement clarifiées, toutes les eaux des bassins d'épuration de la plupart des lavoirs et des patouillets.

L'appareil dont nous nous sommes servi pour ces expériences donnait un produit d'environ deux litres par seconde; et la morée, près du déversoir, était distante du niveau de l'eau, de 28 à 30 centimètres, et atteignait ce niveau vers l'extrémité supérieure du bassin. Pendant les sept premières heures l'eau est passée constamment claire, et c'est seulement lorsque le flotteur n'était plus qu'à deux ou trois centimètres de la morée, qu'elle a commencée à passer trouble; mais, en tournant le robinet d'un demi-quart de circonférence, l'eau a continué à sortir claire comme auparavant, jusqu'à ce qu'il n'en restât plus qu'une très-petite quantité dans le bassin. Or, l'eau ne s'introduisait sous le flotteur, dont la longueur était d'un mètre et la largeur d'un demi-mètre, que par un compartiment fermé latéralement et ouvert sur un espace de $0^m,4$; si donc l'ouverture eût régné sur les petits côtés et le côté antérieur du flotteur, ou plutôt sur une demi-circonférence d'un demi-mètre de rayon, la vitesse de chaque filet fluide serait devenue cinq fois plus petite, et on eût pu, sans crainte d'avoir de l'eau trouble, quintupler le produit de l'écoulement et le porter à environ dix litres par seconde; ce qui, dans l'un et l'autre cas, eût donné à l'eau la même vitesse à son arrivée sur le plan destiné à prévenir l'entraînement de la morée.

Ainsi, le volume d'eau consommé par le lavage régulier des minerais en grains dans les patouillets à une seule huche, étant de cinq litres au plus par seconde, comme je m'en suis assuré

par des mesures directes, et pour un patouillet accompagné d'un bocard de cinq pilons, la consommation d'eau étant de huit à neuf litres dans le même intervalle de temps, il sera toujours possible d'appliquer le siphon, pour la décantation des eaux de lavage, aux bassins d'épuration de tous les patouillets simples ou doubles, aux bocards de quatre à six pilons dont le travail se fait d'une manière convenable, et vraisemblablement à tous les autres (1). On aura, à cet effet, deux bassins égaux en superficie et en capacité, qui serviront alternativement et dans lesquels l'eau s'éclaircira par le repos; et pour fixer les idées, nous supposerons que la superficie de chacun est de 700 mètres carrés et que le patouillet use cinq litres par seconde. Comme nous le ferons voir plus bas, les dimensions des siphons se détermineront exactement par le calcul, d'après le nombre de litres qu'ils devront fournir par seconde, lequel devra être un peu supérieur à l'affluence dans chaque bassin, et d'après la chute disponible à son extrémité inférieure, où il sera établi, comme il est indiqué sur les figures 1 et 2 ci-jointes, un appareil à siphon.

Cette affluence étant de cinq litres par seconde, le volume total relatif à une journée de travail que je supposerai être de douze heures, sera de 216 mille litres ou 216 mètres cubes; d'un autre

(1) Nous avons fait établir un appareil qui fournira 8 à 10 litres par seconde, et au moyen duquel on pourra déterminer par l'expérience, de combien il faudra que la face inférieure du compartiment horizontal s'étende au delà des bords du flotteur, pour que le siphon enlève 15 à 20 litres par seconde, quelle que soit la distance entre la morée et le niveau de l'eau.

côté, la section horizontale du bassin étant 700 mètres carrés, la descente journalière x du siphon se déduira de la relation $700\ x = 221$; en négligeant, pour cette descente, la petite différence entre les aires des sections transversales faites dans l'hypothèse où les parois latérales seraient verticales et dans celle où elles seraient inclinées; on tire de là $x = 0^m,315$. Il suffirait donc, dans ce cas, que le système du siphon et du flotteur descendît d'environ trente et un centimètres, pour écouler sans interruption toute l'eau nécessaire au lavage d'une journée; et la manœuvre ne consisterait qu'à fermer le soir le robinet de l'appareil en fonction, et à ouvrir celui du second, le lendemain matin, pour donner écoulement à l'eau du lavage de la veille, laquelle se serait éclaircie complétement pendant la nuit. On pourrait même, si la chute ne comportait pas une descente de $0^m,315$, réduire celle-ci de moitié en bornant à une demi-journée, au lieu de l'étendre à la journée entière, la durée de l'écoulement de chaque siphon; on en serait quitte pour ouvrir et fermer les robinets une fois de plus chaque jour, c'est-à-dire à midi; ce à quoi on serait également obligé si l'affluence dans les bassins était de dix litres par seconde au lieu de cinq, que leur superficie ne pût être convenablement augmentée et que la chute permît une descente du flotteur, de $0^m,315$, comme ci-dessus. Nous avons supposé, comme cela a presque toujours lieu, que le lavage se ferait pendant le jour; dans le cas extraordinaire où il se continuerait pendant la nuit, il faudrait, après avoir fermé le soir le robinet de l'un des siphons, ouvrir l'autre immédiatement, et, le lendemain matin, faire l'inverse:

on aurait d'abord de l'eau au même degré d'épuration que si elle passait, comme à l'ordinaire, sur un déversoir ; mais, après l'écoulement des premières tranches de la superficie, le liquide passerait limpide, comme dans le premier cas ; et en effet, la vitesse à la surface, n'étant point assez grande pour troubler le liquide supposé éclairci par le repos, ne pourrait être un obstacle à la précipitation des particules terreuses en suspension.

D'après cette dernière considération, on pourrait même, dans bien des cas, en ne lavant que pendant le jour, diminuer de près de moitié la quantité d'eau écoulée par chaque siphon, et réduire, en conséquence, les dimensions de chaque appareil, en les faisant fonctionner simultanément du soir au matin ; de cette manière, les bassins ne devant recevoir séparément que la moitié du volume d'eau employé journellement au lavage, l'un serait entièrement rempli à midi, et l'eau trouble du patouillet serait ensuite dirigée dans l'autre, qui, à son tour, se trouverait plein à la fin du travail de la journée ; l'eau du premier, stagnante depuis midi, sortirait claire, et celle du second, qui passerait d'abord dans le même état d'épuration que sur un déversoir, s'éclaircirait peu à peu par le repos, de manière qu'au bout d'une heure et demie à deux heures au plus, elle s'écoulerait limpide comme la première, jusqu'au moment où devant recommencer le lavage, on suspendrait le jeu des siphons. Il résulterait, d'ailleurs, du mélange immédiat de ces eaux, que, dès l'origine même de chaque période d'écoulement, celle du second bassin serait déjà aussi épurée que si elle eût abandonné la moitié de la souillure qui lui restait en sortant du siphon,

ou qu'elle eût continué à parcourir un récipient d'une longueur beaucoup plus grande.

Par cette disposition, lorsque le lavage exigera dix litres par seconde, on pourra faire usage de siphons qui n'en donneront que six; et lorsque la consommation sera de quinze litres, comme pour un bocard de huit à dix pilons, ou pour trois patouillets ordinaires, on pourra se borner à des appareils qui ne fourniront que neuf litres par seconde. A cet avantage s'en joindrait un autre, celui de diminuer de moitié la descente du flotteur, ce qui peut être important dans certaines localités qui, à l'extrémité du bassin, n'offriraient pas une chute suffisante. Enfin, si le lavage se continuant ou non pendant la nuit, on voulait avoir constamment de l'eau limpide, tout en réduisant considérablement les dimensions des appareils et leur descente des deux tiers, il *faudrait* partager entre trois bassins égaux en superficie, l'eau du travail de la journée. Pendant que l'un se remplirait, l'eau s'éclaircirait dans le second, et on ferait sortir du troisième l'eau épurée par un repos d'un tiers de journée. Si la localité ne se prêtait point commodément à la division en deux ou trois bassins, on se bornerait, dans l'hypothèse où le lavage ne se ferait que pendant le jour, à un seul récipient, dont la capacité devrait être en rapport avec le volume de morée fourni par le patouillet; la journée finie, ou mieux encore, deux heures après, on ouvrirait le robinet du siphon.

Cette disposition ne serait pas aussi avantageuse que les autres, si le bassin devait avoir une grande longueur, à cause des variations dans la superficie du liquide dues à l'accroissement assez rapide de

la masse du dépôt dans la partie supérieure, lesquelles nécessiteraient, dans les quantités dont descendrait le flotteur, des augmentations successives souvent incompatibles avec la chute du bassin. Dans les récipients d'une longueur moyenne de 100 à 140 mètres, on évitera cet inconvénient, en donnant à leur fond une pente vers le patouillet de $0^m,30$ à $0^m,40$, afin que la surface du dépôt de morée s'éloigne peu de l'horizontale dans le sens inverse, lorsqu'il aura atteint toute son épaisseur ; mais, dans les bassins plus étendus en longueur, la contre-pente les rendrait trop profonds dans la partie supérieure, et le curage en deviendrait très-difficile.

On pourrait aussi, en général, pour avoir une superficie constante, faire précéder les bassins d'un ou deux autres dont la destination serait de recevoir la masse principale des morées, et qu'il faudrait curer fréquemment, mais auxquels on ne donnerait, pour cette raison, que deux mètres au plus de largeur, un demi-mètre de profondeur et une longueur dépendant de la nature plus ou moins terreuse du minerai brut et du volume à laver dans une journée. Ces curages, n'interrompant nullement le travail du patouillet, rendraient beaucoup plus rares les chômages occasionnés par la vidange des bassins d'épuration proprement dits. Cette disposition serait particulièrement utile lorsqu'on ne pourrait établir qu'un seul bassin d'épuration. En ayant égard aux considérations que nous venons d'exposer, il deviendra évident qu'on pourra toujours, pour les appareils fonctionnant pendant le lavage, borner leur descente à ce que nous avons annoncé précédemment, pourvu que la superficie du bassin, divisé ou non

en deux, ne soit pas au-dessous de 700 mètres carrés pour une affluence de 5 litres par seconde; la profondeur étant, comme à l'ordinaire, de 1^m,33 à 1^m,35. Or, il est très-rare que cette étendue soit suffisante pour un patouillet à une seule huche, eu égard seulement à la quantité de morée qu'il doit produire par campagne; et il est nécessaire, dans tous les cas, de proportionner la superficie des bassins à cette quantité, qui est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison du liquide consommé au lavage.

Les dépôts de morée augmentant journellement d'épaisseur, il viendra un terme où le flotteur en sera assez près pour qu'il ne soit plus possible, à raison de la vitesse qui se propagerait jusqu'à leurs surfaces, d'obtenir constamment de l'eau claire avec l'ouverture entière du siphon, sans diminuer la descente de l'appareil, et, par suite, la durée de l'écoulement; si celle-ci était d'abord de 14 heures, c'est-à-dire si elle s'étendait de 5 heures du matin à 7 heures du soir, on la réduirait de moitié pour avoir une réduction semblable dans la hauteur de la descente et continuer le lavage encore quelque temps. A midi, l'un des bassins serait vide et l'autre serait plein; on dirigerait alors les eaux de lavage dans le premier, et on laisserait reposer celles du second jusqu'à la fin de la journée, puis on les ferait écouler pendant la nuit, en prenant la précaution de tourner le robinet de manière à augmenter d'environ moitié la durée de l'écoulement, qui ne serait que de 7 heures avec l'ouverture entière, pour la prolonger jusqu'au commencement du travail de la matinée, et ne pas s'exposer à donner de l'eau trouble, et quelquefois à déplacer le siphon pour l'amorcer de nouveau.

Lorsqu'enfin il ne sera plus possible de rendre l'eau claire sans diminuer encore de moitié la descente du flotteur, et par là donner lieu à des manœuvres qui, bien que très-simples, pourraient, par leur fréquence, devenir assujettissantes, on suspendra le lavage et on enlèvera toute l'eau restante en fermant le robinet seulement de la quantité nécessaire pour que l'eau sorte limpide ; ce qu'on obtiendra toujours avec l'appareil que nous avons adopté, sauf quelques litres qu'on ferait, s'il le fallait absolument, tomber dans un petit réservoir où ils déposeraient leurs impuretés.

Pour réaliser avec succès l'emploi de cet appareil à la décantation des eaux des bassins d'épuration, il est indispensable de pouvoir déterminer d'avance les dimensions et le poids des siphons, ainsi que des flotteurs ; ce sera l'objet des considérations et des calculs suivants.

Calcul du volume d'eau écoulé par un siphon, et détermination du diamètre d'après la longueur du tube, le volume d'eau qu'il doit fournir et la pression motrice.

Les formules ordinaires du mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite ne pourraient, sans donner lieu à des erreurs plus ou moins grandes, être employées à la détermination du volume d'eau écoulé par un siphon d'une petite longueur. Il faut, préalablement, les compléter, en ayant égard, tant à la contraction qui a lieu à l'entrée du siphon qu'à la diminution de pression due à la vitesse de l'eau dans ce tube. Mais comme ici cette vitesse sera toujours assez grande, on négligera le terme proportionnel à la première puissance, et en adoptant le coefficient donné par Eytelvein, et désignant par l la longueur développée du siphon, d son diamètre, v la vitesse de l'eau, Q le produit par seconde, H la charge motrice, qui est ici la distance verticale entre le niveau de l'eau et l'extrémité de la longue branche, g la gravité, on aura en litres :

$$(1) \qquad Q = \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{71,3dgh}{l+54d}};$$

g, d et l étant exprimés en décimètres, et π étant le rapport de la circonférence au diamètre.

Pour voir jusqu'à quel point cette valeur du produit s'accorde avec l'observation, nous avons fait, à l'aide de notre appareil, des expériences dont les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous; l'eau était reçue dans une caisse rectangulaire posée bien horizontalement, et dont la contenance était de 182 litres; une montre à secondes faisait connaître le temps écoulé entre l'instant où l'on ouvrait le robinet et celui où le niveau de l'eau venait affleurer les bords de cette caisse. La même expérience était répétée deux fois, et on prenait la moyenne; puis, à l'aide de la division tracée sur la petite branche du siphon, on augmentait la charge d'un demi-décimètre pour l'expérience suivante. Les résultats ainsi obtenus doivent inspirer d'autant plus de confiance, que malgré l'abaissement non interrompu de la surface du liquide dans la caisse qui faisait fonction de réservoir, on avait une pression constante pendant chaque essai, et que la durée de l'écoulement était toujours assez longue pour que l'erreur commise à l'origine et à la fin devînt à peu près insensible. Le diamètre du siphon dont nous nous sommes servi est de $0^m,043$, et sa longueur entière, y compris celle du robinet, de $1^m,73$.

Nous mettons ici en regard les résultats de la formule (1) et ceux que fourniraient les formules analogues de MM. de Prony et d'Aubuisson :

CHARGE motrice (décimètres).	TEMPS pour remplir la caisse.	PRODUIT en une minute. (litres.)	PRODUITS CALCULÉS par les formules de MM. Eytelvein.	d'Aubuisson.	de Prony.
1,9	100	109,2	104	116	155
2,4	90	121	115,42	130	168
2,9	82	133,2	127	143	192
3,4	78	140	137	153	209
3,9	75	145,6	144,6	163,70	224

On voit, à l'inspection de ce tableau, qu'on pourra appliquer avec une pleine sécurité la formule (1) sans avoir égard à la petite perte de vitesse qui a lieu entre les coudes du siphon, lesquels, pour cette raison autant que pour la solidité de l'appareil, doivent avoir la forme que nous avons indiquée. Les différences entre les résultats de la troisième colonne et leurs correspondants de la quatrième sont très-petites, et en outre, elles sont toutes positives; de sorte qu'on n'aura point à craindre de mécompte, et qu'on sera au contraire d'autant plus certain qu'un siphon de dimensions et sous une charge données fournira exactement, ou avec un vingt-deuxième en sus, le volume d'eau qui se déduira du calcul, que la charge dont on pourra disposer dans la pratique, ou la valeur de H sera presque toujours comprise entre les extrêmes de celles que nous avons choisies, et ne dépassera jamais beaucoup la plus grande. Les nombres de la cinquième colonne et ceux de la sixième surtout, excèdent d'au-

tant plus ceux de l'expérience, que la pression, et par conséquent la vitesse, est plus considérable, et il doit en être ainsi, puisque, dans la formule qui a donné les premiers, on a négligé l'influence de la contraction, et que dans celle qui a donné les seconds, on n'a eu égard ni à cette influence, ni à celle de la vitesse. Néanmoins, lorsqu'il s'agit des grandes conduites, les formules que nous venons de citer donnent des résultats suffisamment exacts, ce qui est dû à ce que la résistance provenant du frottement contre les parois est incomparablement supérieure à la diminution que subit la pression motrice de la part de la vitesse et de la contraction du fluide à son entrée dans les tuyaux.

La longueur des siphons qu'on sera dans le cas d'employer à la décantation des eaux de lavage du minerai de fer, ne sera jamais au-dessous de $1^m,60$ et s'élèvera quelquefois à 2 mètres, selon la chute dont on pourra disposer à l'extrémité des bassins; les diamètres intérieurs varieront depuis $0^m,034$ (15 lignes) jusqu'à $0^m,063$ (28 lignes). Au delà les siphons deviendraient plus difficiles à manier, et il serait peut-être à craindre qu'il ne s'y introduisît de l'air qui, se logeant dans la partie supérieure, arrêterait l'écoulement. Il vaudrait mieux adapter au même flotteur deux siphons de $0^m,063$ de diamètre, qu'un seul dont le diamètre serait de $0^m,89$; et dans le cas où la chute le permettrait, allonger convenablement la grande branche, afin de diminuer le poids de toutes les parties de l'appareil.

Cela posé, voici l'usage qu'on doit faire de la formule $Q = \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{71,3dgh}{l+54d}}$:

L'affluence du liquide dans les bassins est censée connue, et d'après leur étendue superficielle on connaîtra aussi la hauteur dont le flotteur descendra pour que le siphon aspire dans un temps déterminé le nombre de litres qui, dans une demi-journée ou une journée entière, sera sorti du patouillet; on connaîtra en outre, d'après l'état des lieux, la charge motrice, laquelle sera la différence entre la chute totale du bassin et la descente du flotteur. Ainsi, la longueur du siphon se composera au moins 1° de deux fois cette descente; 2° de la partie qui réunira les deux branches, et 3° de l'excès de l'une sur l'autre ou de la charge augmentée de la quantité dont la petite branche plongera dans l'eau; et en désignant la charge par h, la somme des autres parties par L, la longueur entière l sera $L+h$, et la formule (1) donnera

$$h=\frac{Q^2(L+54d)}{4313d^5-Q^2}, \qquad (2);$$

et

$$d^5-\frac{54Q^2d}{4318h}=\frac{Q^2(L+h)}{4313h}, \qquad (3);$$

après avoir remplacé le rapport π par sa valeur numérique 3,14 et exprimé g en décimètres.

Lorsqu'on aura un siphon déjà construit et qu'on voudra savoir de quelle longueur il convient d'augmenter la grande branche pour obtenir un nombre déterminé de litres par seconde, ou si on se donnait d'avance le diamètre, on se servirait de l'équation (1), laquelle donnerait la valeur de h qui représente la différence de niveau entre la surface de l'eau et l'extrémité du robinet adapté à cette branche. On reconnaîtra de suite si la chose

est possible, eu égard à la chute qu'on aura à sa disposition ; il pourrait même arriver que, quelle que fût cette chute, on n'obtînt jamais le nombre de litres demandé : c'est que pour un diamètre donné, il y a une limite indépendante de h, en deçà de laquelle restera le volume d'eau écoulé dans l'unité de temps. En effet, on voit à l'inspection de l'expression de h, que lorsque le dénominateur sera nul, c'est-à-dire lorsqu'on aura $Q^2=4313d^5$, h sera infini ; ainsi, la limite dont nous parlons sera $Q = \sqrt{4313d^5}$; et réciproquement, la valeur de d, tirée de cette équation, sera la limite que le diamètre devra nécessairement dépasser, sans quoi le siphon ne fournirait jamais le volume Q qu'on veut obtenir par seconde, malgré tout l'allongement qu'on pourrait donner à la branche qui porte le robinet.

Qu'il s'agisse, par exemple, de six litres à enlever par seconde, l'équation $Q^2=4313d^5$, donnera en décimètres $d=0,39$. Ainsi, tout siphon dont le diamètre ne surpassera pas 4 centimètres, ne pourra satisfaire au but proposé.

On voit donc que le diamètre du siphon n'est point entièrement arbitraire, et que la première chose à faire, lorsque cet élément est donné d'avance, c'est de s'assurer si le carré du produit exprimé en litres est plus petit que 4,313 fois la cinquième puissance du diamètre exprimé en décimètres. C'est à ce caractère qu'on reconnaîtra la possibilité de réaliser le produit qu'on a en vue.

Avant d'aller plus loin, nous ferons remarquer que les équations (2) et (3) n'étant point homogènes, il faudra toujours que les quantités Q, L et h soient exprimées en décimètres, la force ac-

célératrice g de la pesanteur, qui s'y trouve implicitement comprise, l'ayant été en mesures de cette espèce. Au lieu de se donner le diamètre, on fera mieux, pour éviter les tâtonnements, de le calculer par le moyen de l'équation

$$d^5 - \frac{54Q^2 d}{4313h} = \frac{Q^2(L+h)}{4313h}.$$

On fera d'abord abstraction du terme qui renferme la première puissance, et on aura

$$d = \sqrt[5]{\frac{Q^2(L+h)}{4313h}},$$

on extraira la racine cinquième par logarithmes, et on aura une première valeur D, qu'on substituera à la place de d dans le terme $\frac{54Q^2 d}{4313h}$, puis on prendra encore par logarithmes la racine cinquième de la quantité

$$\frac{54\,Q^2\,D + Q^2\,(L+h)}{4313h}.$$

Comme on aura déjà le logarithme du dénominateur, il suffira de chercher celui du numérateur pour avoir une seconde valeur d', du diamètre, qui sera déjà beaucoup plus approchée que la première. En substituant encore cette valeur à la place de d, dans le second terme de l'équation (3), on prendra la racine cinquième comme précédemment, et on aura le diamètre très-exact du siphon correspondant au produit Q et à la pression h. Si, par exemple, on avait

$$h = 1^{déc},9;\ L+h = 17^{déc},3;\ Q = 1^{lit},72;$$

on aurait aussi :

$$Q = 3;$$

$$Q^2(L+h) = 51,9;\ 4313h = 8195,\ \text{et}$$

$$\frac{1}{5}\log.Q^2(L+h)-\frac{1}{5}\log.4313h=\log.D=-0,43967\,;$$

d'où, en prenant le complément arithmétique, et passant au nombre D, $=36^{mil.},4$, on aurait ensuite

$$54Q^2D=59\,;$$

$$\frac{1}{5}\log.[54Q^2D+Q^2(L+h)]-\frac{1}{5}\log.4293h=\log.D'$$
$$=-0,37364\,;$$

d'où, en procédant comme ci-dessus, $D'=42^{mil.},30$; puis, en opérant sur D' comme sur D, on aurait enfin $d=43$ millimètres. C'est effectivement là le diamètre exact du siphon qui, sous la charge $0^m,19$, et avec la longueur de $1^m,73$, nous a donné $1^{lit.},82$ par seconde, ou $109^{lit.},2$ par minute.

Détermination de la plus petite distance à laisser entre les faces parallèles du compartiment horizontal du flotteur.

La distance entre les faces parallèles du compartiment horizontal du flotteur doit être la plus petite possible, sans que pour cela le siphon cesse de fournir tout le volume d'eau dont il est susceptible, d'après son diamètre et la charge motrice. La première condition à remplir pour atteindre ce but, c'est évidemment que la surface cylindrique qui a pour hauteur la distance dont il s'agit, et pour base un cercle de même diamètre que le siphon, soit au moins égale à l'aire de ce cercle; condition qui donne l'équation $\pi r^2=2\pi re$; e désignant cette distance, r le demi-diamètre du siphon, et π le rapport de la circonférence au diamètre. Cette équation donnant $e=\frac{r}{2}$, il suffirait, en n'ayant pas d'abord égard à d'autres considérations, que l'écartement entre les plans du compartiment c fût le quart du demi-diamètre du siphon. Mais, comme la vitesse des filets liquides augmente, toutes choses égales d'ailleurs, en raison

inverse de la distance e, et qu'il résulte de cette vitesse une résistance qui tend à diminuer la hauteur motrice, et par suite le produit du siphon, il devient nécessaire de rechercher si la limite précédente rendrait cette résistance assez petite pour être négligée sans erreur sensible, et, dans le cas contraire, quelle est celle qui satisferait à la question. Pour la déterminer, représentons-nous d'abord deux disques de même diamètre plongés dans une masse d'eau indéfinie, de manière qu'ils soient parallèles à la surface du liquide, et que leurs centres se trouvent sur la même verticale. Au centre du disque supérieur est une ouverture circulaire d'où part un tube recourbé en siphon, par lequel le liquide s'élève avec une vitesse constante. De tous les points de la surface cylindrique dont les disques seraient les bases, le liquide se rendra en ligne droite vers le centre avec une vitesse qui croîtra en raison inverse de la distance; et si on suppose divisé en cylindres circulaires concentriques, séparés par l'intervalle infiniment petit dx, l'espace renfermé entre les disques, il passera au même instant le même volume d'eau par chaque surface cylindrique circulaire, et on aura, en nommant Q ce volume, e l'écartement des disques, supposé assez petit relativement à leur diamètre, v la vitesse du liquide à la distance x du centre :

$$Q=\pi 2ex.$$

Le volume Q, en passant de la circonférence $2\pi x$ à la suivante $2\pi(x-dx)$, sera soumis sur chaque disque à une résistance qui sera en raison directe de la surface $2\pi x dx$ de la base de l'anneau cylindrique dont le rayon est x, et l'épaisseur dx, et d'une fonction de la vitesse v, de la forme

$agv+bv^2$; a et b étant les coefficients constants qui, dans l'expression générale de la résistance ou de la diminution de pression due au mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite, multiplient la première et la seconde puissance de la vitesse. Le coefficient a, d'après Eytelwein, est 0,00002235, et b, qui pour conserver l'homogénéité renferme le facteur g, représentant la force accélératrice de la pesanteur, ou le double de l'espace parcouru par un corps grave à la fin de la première seconde de sa chute, a pour valeur 0,00275. Ainsi, en désignant par df la différentielle de la résistance cherchée, on aura, pour les deux disques :

$$df=4ag\pi x\,dx+4b\pi v^2\,dx.$$

Remplaçant v par sa valeur $\frac{Q}{2\pi ex}$, il vient

$$df=2ag\frac{Qdx}{e}+\frac{bQ^2dx}{\pi e^2 x};$$

prenant ensuite l'intégrale entre les limites $x=r$, rayon de l'ouverture du siphon, et $x=R$, rayon des disques, la valeur complète de la résistance en question sera

$$f=2agQ\left(\frac{R-r}{e}\right)+\frac{bQ^2}{\pi e^2}\text{ log. nép.}\left(\frac{R}{r}\right).$$

Si, au lieu de disques, il est question de plans demi-circulaires, et que l'espace intermédiaire ne soit ouvert au liquide que sur la partie curviligne, le volume Q restant le même, on aura seulement $Q=\pi evx$, $df=2ag\pi vxdx+2b\pi v^2dx$, et par suite

$$f=\frac{2agQ(R-r)}{e}+\frac{2bQ^2}{\pi e^2}\text{ log. nép.}\left(\frac{R}{r}\right).$$

Cette valeur de f est celle qui convient à la question qui nous occupe, et il faut la comparer

à celle de la résistance de même nature qui a lieu dans le siphon. f' étant cette résistance, l la longueur développée de ce tube, et u la vitesse de l'eau qui y coule, b' le coefficient analogue à b, et qui, lorsqu'on fait abstraction de celui qui multiplie la première puissance de la vitesse, a pour valeur très-approchée 0,00357, on aura d'abord :

$$f'=2b'\pi r l u^2 \text{ et } Q=\pi r^2 u;$$

d'où l'on tire $f'=\dfrac{2b'lQ^2}{\pi r^3}$,

et par conséquent $\dfrac{f}{f'}=\dfrac{ag\pi r^3}{b'Qe}\dfrac{(R-r)}{l}+\dfrac{br^3}{b'e^2l}\text{ log. nép.}\left(\dfrac{R}{r}\right)$.

Passant ensuite des logarithmes népériens aux logarithmes ordinaires, et mettant dans le premier terme la vitesse u à la place de $\dfrac{Q}{\pi r^2}$, il viendra

$$\frac{f}{f'}=\frac{agr}{b'e}\frac{(R-r)}{lu}+\frac{2,3br^3}{b'e^2l}\log.\frac{R}{r}.$$

Ce rapport entre les résistances au mouvement ou les diminutions de pression qui ont lieu à l'intérieur du siphon et entre les faces parallèles du compartiment c, sera précisément celui qui existe entre les pertes de charges ou de hauteur motrice dues à ces résistances, et il faudra donner à l'écartement e une valeur telle que $\dfrac{f}{f'}$ devienne assez petit pour n'avoir aucune influence sensible sur le volume d'eau écoulé dans l'unité de temps.

Pour cela, voyons d'abord, en général, quelle partie de la charge h sera absorbée par la résistance f' qui aura lieu dans les siphons.

L'équation $\dfrac{d}{4l}\left(\dfrac{h-u^2}{2m^2g}\right)=\dfrac{b'u^2}{g}$, de laquelle nous

avons tiré : $Q = \frac{1}{4}\pi d^2 \sqrt{\frac{71,3dgh}{l+54d}}$, m étant le coefficient 0,82 de la réduction de vitesse produite par la contraction, nous donnera $h - \frac{u^2}{2m^2g} = \frac{4lb'u^2}{dg}$; et le second membre sera la valeur de la perte de charge occasionnée par le frottement de l'eau, tandis que le second terme du premier membre exprimera celle qui provient de la contraction et de la vitesse u imprimée au fluide. En remplaçant u^2 par sa valeur $\frac{71,3dgh}{l+54d}$, l'expression $\frac{4lb'u^2}{dg}$ deviendra $\frac{285,2b'h}{l+54d}$; ou, en divisant les deux termes par l, $\frac{285,2b'h}{1+\frac{54d}{l}}$, et substituant la valeur de b', qui est 0,00357, on aura tout simplement $\frac{1,017h}{1+\frac{54d}{l}}$; résultat qui montre que la longueur du siphon ne surpassant pas 2 mètres, et le diamètre n'étant pas au-dessous de $0^m,04$, conformément à ce qui aura lieu dans la pratique, la perte de hauteur motrice due au frottement de l'eau contre ses parois, sera toujours plus petite que la moitié de h, ou de la hauteur totale, et d'autant moindre que le diamètre sera plus grand.

Cette perte sera, en général, les deux cinquièmes de h, et il suffira que f soit le huitième de f' ou $\frac{1}{20}$ de h, pour que le produit du siphon n'en soit nullement altéré; car, dans l'expression

$$Q = \frac{d^2}{4}\sqrt{\frac{71,3dgh}{l+54d}},$$

si h est diminué de $\frac{1}{20}$ sa racine carrée et par conséquent la valeur de Q ne le sera que d'un quarantième.

La valeur de $e = \frac{r}{2}$, trouvée précédemment, conduirait à des résultats qu'on ne pourrait négliger; si donc on fait $e = r$, le rapport de f à f' deviendra $\frac{f}{f'} = \frac{ag}{b'} \frac{(R-r)}{lu} + \frac{2,3br}{b'l} \log. \frac{R}{r}$; et par la substitution des valeurs de $a = 0,00002235$, $b = 0,00275$, $b' = 0,0037$, et $g = 98$ décimètres, on trouvera $\frac{f}{f'} = \frac{0,8\,(R-r)}{lu} + \frac{1,71r}{l} \log. \frac{R}{r}$. (4)

Or, $\frac{R}{r}$ ne devant jamais dépasser 25, et les limites inférieures de l et de u étant, pour la première de ces quantités, 16 décimètres, et pour la seconde 10 décimètres, on aura la plus grande valeur de $\frac{f}{f'}$, en mettant ces nombres dans l'expression de ce rapport, et pour $r = 0^{\text{décim.}},44$, qui est le rayon le plus grand qu'on soit dans le cas de donner au siphon; cette valeur étant au-dessous d'un huitième, on voit que jusqu'au rayon ou demi-diamètre de $0^{\text{décim.}},44$, il suffirait que l'écartement entre les plans parallèles du compartiment horizontal du flotteur ne surpassât pas la grandeur du rayon. Ainsi, en augmentant cet écartement d'un demi-centimètre pour prévenir le défaut de parallélisme dans les plans, la valeur de e pour le diamètre de $0^{\text{décim.}},43$, sera d'environ 3 centimètres; pour le diamètre de $0^{\text{décim.}},62$, 3 centimètres et demi; et pour un siphon de $0^{\text{décim.}},88$, qu'il sera bon de remplacer par deux du diamètre de $0^{\text{décim.}},62$, elle sera de 5 centimètres.

Entre les limites que nous avons considérées quant aux valeurs de r et de $\frac{R}{r}$, et qui seront suffisantes dans la pratique, le second terme de l'expression de $\frac{f}{f'}$ est celui qui a la plus grande influence sur la valeur numérique de ce rapport, et cependant log. $\frac{R}{r}$ n'augmente que très-lentement avec $\frac{R}{r}$, puisque ce dernier devenant, par exemple, dix fois aussi grand, log. $\frac{R}{r}$ ne croîtrait que de l'unité. On peut voir par là qu'il n'est pas nécessaire de donner au flotteur la forme demi-circulaire, et qu'il est possible de lui en substituer toute autre plus simple et plus facile à établir, pourvu qu'elle soit symétrique par rapport à un plan passant par les axes des branches du siphon, que son contour soit tangent à la demi-circonférence qui terminerait la première, et que pour la stabilité de l'équilibre, sa plus grande dimension soit parallèle au déversoir du bassin; ce qui conduit à admettre le rectangle circonscrit à cette courbe, et dont la hauteur est moitié de la base. En effet, en prenant pour R, non le rayon du cercle inscrit, ni celui du cercle circonscrit au carré dont le rectangle du flotteur est la moitié, mais un rayon intermédiaire, tel que le cercle décrit retranchât des angles du flotteur des surfaces égales à celles qu'il ajouterait sur les côtés, le calcul prouve qu'il faudrait augmenter d'un septième au plus le rayon du cercle inscrit pour avoir la véritable valeur de R à substituer dans le

rapport $\frac{f}{f'}$, ce qui ne changerait pas sensiblement log. $\frac{R}{r}$, et n'augmentant que de moins d'un septième la valeur du premier terme qui contient le facteur $R - r$, et qui, jusqu'à la limite supérieure $r = 0^{\text{décim.}},44$ et $R = 25r$, est généralement inférieur au second, ne ferait croître que de moins d'un sixième la valeur primitive de $\frac{f}{f'}$.

Remarquons maintenant, avant d'aller plus loin, que la perte de charge donnée par l'équation (4) serait la plus grande de toutes celles qu'on aurait, si au lieu d'une seule issue au liquide, il s'en trouvait d'autres sur la même ligne; et la moindre de ces pertes correspondrait, ainsi qu'il est facile de s'en assurer par un calcul très-simple, au cas où les filets fluides resteraient parallèles depuis leur entrée jusqu'à leur sortie, et cela dès que $\frac{R}{r}$ serait plus grand qu'environ un sixième. Or, dans l'appareil figuré sur le dessin ci-joint, le liquide passe du compartiment horizontal C dans le compartiment vertical C', où plonge le siphon en contact avec l'une des faces verticales du flotteur; et la partie qui est aspirée du côté de hh' y entre en filets moins divergents que si elle fût arrivée directement à l'entrée du siphon sans l'intermédiaire du bassin C', comme nous l'avons supposé dans les calculs précédents.

La perte de charge ou de hauteur motrice provenant du frottement de l'eau, sera donc pour ce cas intermédiaire ou pour ceux où il y aurait deux siphons adaptés au flotteur, au-dessous de celle

qui résulte de la formule (4), et au-dessus de celle qui serait donnée par le parallélisme des filets fluides, ou la supposition des vitesses constantes et indépendantes de la distance aux ouvertures de sortie.

Cette différence pourrait d'ailleurs être plus que compensée par une autre perte de charge qui dépend des dimensions du petit bassin C'HH' et de la quantité d'eau qui y entre à chaque instant; et, en effet, la force d'aspiration du siphon s'exerçant dans tous les sens, une partie du liquide n'arrive à l'entrée de ce tube qu'après s'être détournée de sa route directe, et du côté de HH' le mouvement de l'eau dans le bassin n'étant plus le résultat immédiat de l'aspiration, il faut nécessairement que la surface du liquide soit un peu moins élevée en C' qu'à l'extérieur du flotteur, d'une certaine quantité h, afin qu'il en résulte une pression qui produise une vitesse capable de réparer les pertes du bassin c', en y maintenant le niveau à $2\frac{1}{2}$ à 3 centimètres au-dessus de la face inférieure du flotteur; sans quoi l'air s'introduirait dans le siphon et le mouvement cesserait aussitôt.

Si, sur toute la longueur de l'orifice d'entrée de C', la vitesse ne dépendait que du volume d'eau aspiré et des dimensions de cet orifice, on aurait, abstraction faite de la contraction qui ne se produirait ici que sur les côtés, et qu'on pourrait faire disparaître en évasant l'entrée de C', on aurait, dis-je, en désignant par l la longueur de l'orifice, et e sa hauteur, $Q = le\sqrt{2gh}$, d'où $h = \frac{Q^2}{2gl^2e^2}$; mais, en vertu de la position même du siphon qui touche le flotteur et vient affleurer

sa face inférieure, la vitesse de l'eau sur une certaine longueur de l'orifice d'entrée sera déterminée par la charge entière qui produit l'écoulement dans les siphons; et la quantité h, donnée par l'équation précédente, sera plus grande que la perte qui aura réellement lieu.

Si donc on suppose $Q = 5$ litres, $l = 5$ décimètres, $e = 0^{\text{décim.}},3$, on aura, après avoir substitué la valeur de g en décimètres, $h = 0^{\text{décim.}},04$.

Pour l'affluence de 10 litres par seconde, on prendra $l = 6$ décimètres, $e = 5$ centimètres, et on aura $h = 0^{\text{décim.}},05$. Ainsi, il suffirait de donner 5 à 6 décimètres au plus de longueur au bassin c' du flotteur dans lequel plonge le siphon, pour que la perte de charge dont il s'agit n'eût aucune influence sensible sur la quantité d'eau écoulée par chaque seconde de temps.

Calcul des dimensions du flotteur.

Les dimensions que doit avoir le flotteur pour qu'il s'enfonce d'une quantité donnée, se déduiront comme il suit : du poids qu'il devra supporter et qui se compose du sien propre, de ceux du siphon plein d'eau, du robinet, du levier et de ses accessoires, et du contre-poids. Les dimensions du siphon étant déterminées conformément à ce qui précède, on aura facilement son poids, d'après celui du décimètre carré du cuivre ou du fer-blanc dont ce tube sera construit, et d'après le volume de l'eau contenue ; pour le robinet, on se rappellera que celui dont l'ouverture a $0^{\text{m}},043$ de diamètre pèse, avec l'écrou qui l'attache au siphon, 2 kilogrammes, et on augmentera ou diminuera, dans le rapport des carrés des diamètres, pour savoir, à peu de chose près, ce que pèserait un robinet de même forme et d'un diamètre plus

grand ou plus petit, l'épaisseur moyenne du boisseau restant la même, et son diamètre moyen, qui est aussi celui du cône de la clef, augmentant de la même quantité que le diamètre de l'ouverture de celle-ci.

Le boisseau du robinet cité ci-dessus a pour diamètre moyen intérieur $0^m,063$, et pour épaisseur moyenne $0^m,005$. Le tube inférieur a $0^m,025$ de longueur, ce qui suffit pour y ajuster, au besoin, un tube additionnel.

Le contre-poids et le levier destinés à faire équilibre au poids du siphon dépendent des dimensions du flotteur, et la détermination réciproque des premiers et de ces dernières exigerait la solution d'une équation du troisième degré. Mais, comme un calcul approximatif est ici bien suffisant, nous supposerons que les poids réunis du levier, du contre-poids et du châssis qui sert de carcasse au flotteur, sont égaux aux poids du siphon plein d'eau et du robinet; nous aurons ainsi une limite qu'on pourra employer avec confiance, les derniers poids étant toujours un peu supérieurs aux premiers. Nous avons vu de plus que la largeur du flotteur est moitié de sa longueur; ainsi, en désignant par k la somme des poids du siphon plein et du robinet, par x la longueur du flotteur, a l'enfoncement dans l'eau, m le poids du décimètre carré du métal employé à sa confection, $m(x^2+3ax)$ sera le poids des six faces du flotteur, et $\frac{3mx^2}{4}$ sera celui de la partie de la surface métallique qui formera les compartiments c et c', et qui, à très-peu de chose près, sera égale à une fois et demie l'une des faces ho-

rizontales; ainsi, on aura, pour le poids total supporté par le liquide :

$$2k+m\left(\frac{7x^2}{4}+3ax\right);$$

or, pour l'équilibre, il est nécessaire que cette quantité soit égale au poids du liquide déplacé, qui sera, en kilogrammes, $\frac{ax^2}{2}+\frac{3mx^2}{4p}$, a et x étant comme m exprimés en décimètres, et p désignant la pesanteur spécifique du métal; condition qui donne l'équation

$$\frac{ax^2}{2}+\frac{2mx^2}{4p}=2k+m\left(\frac{7x^2}{4}+3ax\right);$$

ou bien

$$x^2-\frac{12amx}{2a-7m+\frac{3m}{p}}=\frac{8k}{2a-7m+\frac{3m}{p}}. \qquad (5)$$

Les valeurs de x et de $\frac{1x}{2}$, tirées de cette équation, seront, en décimètres, la longueur et la largeur qu'il faudra donner au flotteur de l'épaisseur a, pour que sa surface vienne affleurer le niveau de l'eau. En augmentant cette épaisseur d'un centimètre et demi à deux centimètres, on sera certain que le flotteur surnagera.

Détermination du contre-poids.

La deuxième condition pour l'équilibre nous fera connaître la valeur du contre-poids placé à l'extrémité du levier. Si le flotteur n'avait pas la liberté de tourner autour de son centre de gravité, mais seulement autour des arêtes de sa base; autrement s'il était posé sur un plan fixe, il suffirait pour l'équilibre que la résultante des forces qui le

sollicitent passât entre ces arêtes; sur un liquide il faut de plus que cette résultante passe par le centre de gravité de la base; centre qui, en vertu de la symétrie du flotteur et des compartiments C et C', de chaque côté de la ligne VV, se trouvera sur celle-ci et très-près de son milieu, la différence entre les moments des poids des surfaces métalliques qui dépassent le flotteur à droite et à gauche de ses grands côtés devant être toujours très-petite comparativement aux moments des autres forces qui tendent à le faire tourner. En la négligeant, nous obtiendrons pour le contre-poids une valeur qui surpassera un peu celle relative à la longueur λ du levier; ce qui n'est point un inconvénient, puisqu'en ramenant le contre-poids vers le flotteur on peut toujours aisément produire l'équilibre. D'après ce principe, les deux branches du siphon étant supposées verticales et pleines d'eau, si on nomme y le contre-poids, λ la longueur du levier, non compris la largeur du flotteur; p son poids, b la distance entre les axes des branches du siphon, F la largeur du flotteur augmentée du demi-diamètre du siphon, R le poids du robinet, S la longueur entière du siphon, t la différence entre les longueurs des branches verticales; qu'on fasse d'abord abstraction du poids du robinet et de l'excédant de la longue branche sur la petite, on verra qu'en vertu de la symétrie de la partie restante, la résultante des poids de chacun de ses éléments passera par le milieu de l'intervalle b, et elle agira à la distance $\frac{F+b}{2}$; cette force aura d'ailleurs pour expression $S-t$, et son moment sera $\frac{(F+b)}{2}(S-t)$; le poids du

robinet, et la force t qui provient de la différence entre les longueurs des branches, agiront à la distance $b+\frac{F}{2}$, et leur moment sera $(R+t)\left(b+\frac{F}{2}\right)$; d'un autre côté, les forces y et p, passant à la distance $\lambda+\frac{F}{2}$ et $\frac{\lambda+F}{2}$ de l'axe de rotation, on aura, par la théorie des forces parallèles,

$$y\left(\lambda+\frac{F}{2}\right)+p\,\frac{(\lambda+F)}{2}=\left(\frac{F+b}{2}\right)(s-t)+(R+t)\left(b+\frac{F}{2}\right);$$

d'où l'on tirera pour la valeur du contre-poids (1):

$$y=(F+b)\,\frac{(s-t)+(R+t)(2b+F)-p(\lambda+F)}{2\lambda+F}. \quad (6)$$

Autre moyen d'équilibrer les poids du siphon et du robinet.

La longueur et la largeur du flotteur croissant, pour la même hauteur du liquide déplacé, avec le poids du siphon et du robinet, il serait quelquefois plus commode d'équilibrer le poids du siphon, de manière à maintenir le flotteur dans la position horizontale, par le moyen représenté dans les figures 3 et 4. Le siphon et ses accessoires sont en partie supportés par un plateau chargé d'un contre-poids et attaché à une corde passant sur la poulie p et dans l'anneau a, au moyen duquel on suspend le système du siphon et du robinet (2). Il convient que le contre-poids soit plus faible que le poids de ces derniers; car, s'il le sur-

---

(1) Nous négligeons ici le poids d'une longueur de siphon vide égale à celle du robinet.

(2) Cet anneau est terminé, d'un côté, par une plaque percée d'un trou, et de l'autre, par deux pattes que traverse une vis au moyen de laquelle on peut le fixer sur le siphon.

passait ou lui était seulement égal, le flotteur, ayant à vaincre le frottement de la poulie et la roideur de la corde, prendrait une position inclinée dans le sens de la ligne *ii'*, et pour le remettre dans la position horizontale, il faudrait le charger d'un certain poids du côté du siphon. Il vaut donc mieux qu'il penche dans le sens contraire et le ramener à l'horizontale par l'intermédiaire d'un petit contre-poids que l'on fera glisser, comme dans les cas ordinaires, sur le levier L, auquel il suffira de donner environ $0^m,4$ à $0^m,55$ de longueur, à partir du point F. L'axe de la poulie est supporté par deux pièces de bois *t* et *t'*, fixées d'une manière invariable sur les piliers P et P', auxquels il faudra donner une hauteur convenable. S'il y a deux siphons adaptés au même flotteur, on passera dans les anneaux dont ils seront munis une petite traverse, et on attachera *au milieu la* corde ou la chaîne de suspension.

Par ce moyen, les dimensions du flotteur pourront être bien réduites ; mais alors le plan inférieur du compartiment horizontal devra s'étendre d'autant plus loin des bords que le produit du siphon, et par suite la vitesse du fluide sera plus considérable. Il sera bon, comme nous l'avons dit, de donner à ce plan la forme d'une demi-circonférence.

Il nous reste actuellement à faire des applications générales des diverses formules et des considérations exposées dans ce mémoire. Application à la pratique.

Supposons d'abord qu'on ait à décanter les eaux d'un bassin d'épuration de 600 mètres carrés de superficie, terminé par un déversoir sur lequel les eaux de lavage s'écoulaient pendant le travail même du patouillet. Dans la partie d'amont la

morée a atteint le niveau de l'eau, et près du déversoir, elle en est distante d'une trentaine de centimètres. Ainsi, la profondeur moyenne étant de $0^m,15$, il y aurait à peu près 90 mille litres à enlever. Si on veut que le liquide soit entièrement écoulé dans l'espace d'une nuit, que je supposerai être de dix heures, le produit devrait être de $2^{lit.},5$ par seconde avec l'ouverture entière du robinet; mais, comme pendant la dernière heure il faut le tenir à moitié fermé, le produit pendant chaque seconde des neuf premières heures, serait $2^{lit.},7$. Si on peut disposer seulement de la chute de 50 centimètres à l'extrémité du bassin, on aura 20 pour la charge, puisqu'il en faut déjà 30 pour la descente totale du flotteur; et le déversoir ayant $0^m,50$ de largeur, un siphon de $1^m,75$ de longueur sera suffisant. On aura donc à substituer dans l'équation (3) les valeurs $h=2$, $Q=2^{lit.},7$, et $L+h=17,5$; équation qui donnera pour le diamètre, après des calculs analogues à ceux que nous avons indiqués, $d=52$ millimètres.

Si on veut faire usage d'un siphon en fer-blanc, il devra être formé de doubles feuilles, tant pour en prolonger la durée que pour donner plus de roideur aux parties courbes, qui, sans cela, pourraient se déformer : il pèsera ainsi, par décimètre carré, $0^k,062$; la feuille de $0^m,33$ sur $0^m,24$, pesant $0^k,25$.

Pour un siphon de cuivre, il convient de se servir de planches du poids de $7^k,8$ par mètre carré : ce sont celles de 42 pouces sur 52, dont le poids est de 25 livres; il n'est point alors nécessaire de doubler l'épaisseur, et le siphon pèsera par décimètre carré $0^k,078$.

Des feuilles de cuivre qui, par mètre carré, pèseront seulement 3 kilogr., seront suffisantes pour la confection des flotteurs. Si, pour le même objet, on emploie le zinc, qui a beaucoup moins de ténacité que le cuivre, les feuilles qui conviendront le mieux sont celles du poids de 4k.,50 par mètre carré.

Lorsque l'appareil n'est destiné qu'à fonctionner une fois ou deux par an aux époques du curage des bassins, le siphon peut être établi en ferblanc, et le flotteur en zinc; mais si la décantation doit avoir lieu pendant le lavage, il est préférable de remplacer par le cuivre l'un et l'autre de ces métaux. On y trouvera l'avantage d'avoir des flotteurs plus légers et des appareils d'une durée pour ainsi dire indéfinie.

Dans l'hypothèse où le siphon dont nous venons de donner les dimensions serait en ferblanc, on trouve qu'il pèserait plein d'eau, 5k.,38; pour le poids du robinet, nous rappellerons qu'on le déduira du poids de celui dont l'ouverture a 0m,043 de diamètre que nous avons cité plus haut, en augmentant ce dernier dans le rapport des carrés des diamètres 0m,051 et 0m,043, ce qui donnera 3 kil. En ajoutant ce poids à celui du siphon plein, on aura, pour le poids k à équilibrer, à l'aide du levier appliqué sur le flotteur, la quantité 8k.,38; et en introduisant cette donnée dans l'équation

$$x^2 - \frac{12amx}{2a-7m+\frac{3m}{p}} = \frac{8k}{2a-7m+\frac{3m}{p}};$$

pour m, poids du diamètre carré des feuilles du métal dont le flotteur est formé, le nombre 0,045,

qui convient au zinc, et pour ρ le nombre 7, qui représente à peu près la densité de ce métal, il viendra :

$$x^2 - \frac{0,54ax}{2a-0,296} = \frac{67}{2a-0,296};$$

si on veut que le flotteur ne s'enfonce que de 4 centimètres, environ un pouce et demi, $2a - 7m + \frac{3m}{\rho}$ sera égal à 0,504, parce que nous avons pris dans la recherche de l'équation (4) le décimètre carré pour unité de surface; et comme le coefficient de x sera très-petit, en comparaison du second membre, on pourra en négliger le carré et se borner à la valeur

$$x = \frac{0,216}{0,504} + \sqrt{\frac{67}{0,504}} = 12^{\text{décim.}},$$

qui est la longueur à donner au flotteur; sa largeur sera par conséquent 6 décimètres, et pour qu'il surnage, on augmentera l'épaisseur de deux centimètres, ce qui n'ajoutera presque rien à son poids.

A l'inspection de l'équation (5), on voit que pour que le flotteur soit possible, il faut qu'on ait toujours $2a > 7m - \frac{3m}{\rho}$; c'est-à-dire que le double du poids d'un volume d'eau qui aurait un décimètre carré pour base et a pour hauteur, doit être plus grand que sept fois le poids du décimètre carré de la surface métallique qui recouvre le flotteur, diminué de la quantité $\frac{3m}{\rho}$. S'il n'en était pas ainsi, cet appareil ne pourrait se réaliser, quel que fût le poids k, et quelque grande

que fût la longueur x; muni du compartiment horizontal, il ne pourrait se maintenir à la surface de l'eau, avec une épaisseur de 15 millimètres, ou avec celle d'un centimètre s'il était composé de feuilles de cuivre. Dans ce dernier cas, il suffirait de lui donner 13 décimètres $\frac{1}{2}$ de longueur et 6 décimètres $\frac{3}{4}$ de largeur, pour que, chargé du même poids que le flotteur en zinc, il ne s'enfonçât que de 3 centimètres.

Dans l'exemple ci-dessus, le diamètre du siphon ayant été trouvé de 52 millimètres, l'intervalle à laisser entre les faces du compartiment horizontal sera au plus de trois centimètres et demi.

Connaissant les dimensions du flotteur et du siphon, ainsi que le poids de celui-ci et du robinet, on évaluera aisément, à l'aide de l'équation (6), le contre-poids qui doit produire l'équilibre.

En prenant ici le mètre pour unité de longueur et donnant à l'intervalle entre les axes des branches verticales du siphon, deux décimètres de plus que la largeur du déversoir $0^{m},50$, on aura à substituer dans le second membre, les valeurs $F = 0^{m},64$, $b = 0^{m},7$, $R = 3$ kil., $S = 5^{k.},38$, t, poids de la différence de longueur entre ces branches $= 0^{k.},62$.

Cette différence, égale à la charge, est ici de $0^{m},20$, et, par une proportion, on trouve qu'elle pèse effectivement $0^{k.},62$. Dans le premier membre il y a d'inconnu le contre-poids, la longueur du levier et son poids. Nous avons dit que ce levier doit être fait en bois léger : on peut lui donner, sans inconvénient, à partir du flotteur, depuis 1 mètre jusqu'à $1^{m},30$ de longueur, $0^{m},02$ centimètres d'épaisseur, et une largeur de $0^{m},07$; en

sapin, il ne pèserait ainsi, pour un mètre, que $1^k,25$ avec les rebords dont il doit être garni, tant sur les côtés qu'à l'extrémité. En adoptant ici la longueur de $1^m,20$ pour le bras du levier du contre-poids, le poids de la partie qui est en dehors du flotteur, la seule à laquelle il suffit d'avoir égard pour l'équilibre, serait $1^k,50$; on aurait donc $p = 1^k,50$ et $\lambda = 1^m,20$; ce qui, après les substitutions et les calculs indiqués, donnerait pour le contre-poids :

$$Y = 3 \text{ kilogr.}$$

La matière qui convient le mieux pour les contre-poids est le plomb, à cause de sa grande pesanteur spécifique, égale à 11, 35; de la facilité de lui donner la forme qu'on veut, et d'en augmenter la masse s'il est nécessaire. Un prisme de ce métal qui aurait un décimètre de longueur, la largeur du levier, et pour hauteur $0^m,043$, pèserait autant que le contre-poids dont nous venons de trouver la valeur.

Comme le poids du robinet pourra quelquefois différer un peu de celui qu'on aura trouvé d'avance par le calcul, il faudra donner au levier un excédant de longueur de $0^m,1$ à $0^m,12$, tant pour suppléer à cette différence que pour mettre réellement à la distance de $1^m,30$ du flotteur le centre de gravité du contre-poids.

Nous ferons observer aussi qu'à l'instant où l'on ouvre le robinet, le flotteur, s'il est d'abord dans la position horizontale, s'incline un peu du côté du contre-poids; ce qui provient de ce que le siphon a un peu diminué de poids par l'effet même de la vitesse de l'eau. Il faut alors ramener le contre-poids d'un ou deux centimètres vers le flotteur.

Les calculs précédents ne seront pas toujours nécessaires lorsqu'il s'agira seulement de l'enlèvement momentané de l'eau qui reste dans un bassin d'épuration à l'époque où il faut suspendre le lavage, à raison des progrès du dépôt; car ce curage se faisant ordinairement dans la belle saison, la suspension du lavage est souvent assez longue, soit parce qu'on manque d'eau, soit parce qu'on a complété ses approvisionnements en minerai, et dès lors l'écoulement par le siphon pouvant, sans inconvénient, durer un jour ou deux, un appareil tel que celui que nous avons fait déposer à la préfecture de la Haute-Marne conviendra dans un grand nombre de cas. Seulement, lorsque la chute le permettra, on augmentera la longueur de la branche qui porte le robinet.

Dans cet appareil, le siphon à doubles feuilles de fer-blanc a 43 millimètres de diamètre ; le flotteur, couvert en zinc, a 55 millimètres d'épaisseur, un mètre de longueur et 48 centimètres de largeur; et le compartiment inférieur a ses faces parallèles éloignées l'une de l'autre de 27 millimètres. Le levier, à partir du flotteur, a un mètre de longueur, et le contre-poids n'est que de $2^k,5$. Les axes des branches du siphon sont éloignés l'un de l'autre de $0^m,6$.

Mais il n'en sera plus de même lorsqu'on voudra appliquer le siphon à la décantation permanente des eaux des bassins d'épuration pendant le lavage même du minerai, et il sera indispensable que l'ingénieur appelé à émettre un avis motivé sur des établissements de patouillets ou de lavoirs, dont les eaux devront être rendues limpides à leur cours naturel, calcule d'avance avec soin les dimensions du siphon et de tout l'appareil d'après

la quantité d'eau à faire écouler dans l'unité de temps, l'étendue superficielle des bassins et la chute qu'on aura à leurs extrémités; sans quoi, il s'exposerait à des mécomptes à l'égard du siphon et du flotteur. Dans le cas où l'on ferait usage du second moyen que nous avons indiqué pour équilibrer le poids du siphon et du robinet, moyen qui conviendrait déjà pour une affluence supérieure à celle de six litres par seconde, on ne sera pas obligé de calculer les dimensions du flotteur, et on se bornera à déterminer celles du siphon.

Pour les premières, on pourrait ne point dépasser la longueur d'un mètre et la largeur d'un demi-mètre.

Nous avons vu que si les bassins ont une étendue en rapport avec la quantité de morée fournie par les patouillets, il y aura toujours moyen de réduire la descente du flotteur à 30 ou 31 centimètres au plus pour chaque période d'écoulement, et que souvent, par les dispositions que nous avons indiquées, cette quantité pourra être diminuée de moitié. Nous avons vu aussi que lorsqu'un établissement de lavage consomme un grand volume d'eau, par exemple 10 litres par seconde, on pouvait employer des siphons donnant 6 litres, et les faire fonctionner du soir au matin. De même, si l'affluence était de 20 litres, on pourrait se servir d'un appareil ne donnant que 12 litres par seconde; mais ici, au lieu d'un seul siphon, il vaudrait mieux, en général, comme nous l'avons déjà dit, en adapter deux au flotteur.

Si, pour la même affluence, on voulait ne faire usage que d'un seul siphon, on serait obligé, à raison de son calibre, de le mettre en place avant de le remplir d'eau; mais pour cela, il faudrait qu'à la

partie supérieure il fût muni d'un entonnoir dont la douille portât un robinet fermant hermétiquement ; disposition qui rendrait l'appareil plus compliqué et plus dispendieux; en définitive, deux siphons, dont le produit individuel serait moitié de celui du précédent, ne coûteraient guère davantage, et il serait plus facile de régler l'écoulement lorsque l'affluence dans les bassins diminuerait de moitié, par suite d'une diminution semblable dans le travail des patouillets.

Il serait inutile, d'après les détails dans lesquels nous sommes entré, de nous étendre, au sujet de ce nouvel emploi des siphons, sur la détermination de leurs diamètres, ainsi que sur les dimensions des autres parties de l'appareil hydraulique. Nous rappellerons que, dans le cas actuel, les siphons et les flotteurs doivent être en cuivre, que l'intervalle entre les branches des premiers doit *être le plus court possible*, environ trois décimètres et demi, pour diminuer le poids que supportent les seconds.

En prenant, pour recouvrir ceux-ci, des feuilles de cuivre, du poids de 3 kilogrammes le mètre carré, on trouvera qu'un flotteur chargé de deux siphons en cuivre, de $0^m,061$ de diamètre et $1^m,70$ de longueur, pesant pleins d'eau $7^k,3$ chacun, et $11^k,3$ avec leurs robinets, ne devrait pas avoir plus de $1^m,32$ de longueur et $0^m,66$ de largeur, pour s'enfoncer de 6 centimètres. Chaque siphon supposé fonctionner sous la charge de 4 décimètres serait armé de son levier, sur lequel un contrepoids de $3^k,63$ seulement, agissant à la distance de $1^m,20$ du flotteur, suffirait pour maintenir ce dernier dans la position horizontale.

S'il n'y avait qu'un seul siphon du diamètre de

$0^m,061$, la longueur du flotteur serait de $1^m,14$ et sa largeur $0^m,57$, pour ne prendre que 4 centimètres d'eau; et il n'en prendrait que 3 centimètres et demi, si on lui laissait les dimensions de $1^m,32$ et $0^m,66$.

On voit, d'après ces résultats et ceux que nous avons obtenus pour les flotteurs en zinc, qu'on pourra, dans tous les cas ordinaires, sans donner de trop grandes dimensions aux flotteurs, faire en sorte que le volume d'eau déplacé n'ait pour hauteur que trois et demi à quatre centimètres au plus.

On reconnaîtra aussi qu'avec une chute de 48 centimètres au plus, un siphon de $0^m,063$ de diamètre et $1^m,60$ de longueur, pourra fonctionner sous la charge de $0^m,30$, et descendre de $0^m,18$, pour enlever d'un bassin de 600 mètres carrés de superficie une tranche de liquide de même épaisseur, qui correspondra à la moitié du travail journalier d'un patouillet consommant 5 litres par seconde.

Lorsqu'on sera ainsi restreint sous le rapport de la chute des bassins, et qu'il sera nécessaire, aux époques du curage, que le flotteur descende de 30 à 33 centimètres pour mettre à sec le dépôt formé, on donnera au siphon 12 à 15 centimètres de moins de longueur; mais, pour la décantation pendant le lavage, on allongera la grande branche d'autant, au moyen d'un tube additionnel dans lequel entrerait à frottement celui du robinet, de manière cependant à conserver le même diamètre à cette partie du siphon.

Prix des appareils complets. Un appareil portant un seul siphon de $0^m,061$ de diamètre et de $1^m,60$ à $1^m,70$ de longueur, coûterait 94 fr., savoir : 44 fr. pour le flotteur,

dont la surface serait de $2^m,29$; 43 pour le siphon et le robinet, et 7 fr. pour le levier, le contre-poids et les autres accessoires.

Si le flotteur, au lieu d'être couvert de feuilles de cuivre soudées à l'étain, l'était en zinc, le prix de l'appareil complet serait seulement de 75 fr. Avec deux siphons de même dimension que ci-dessus, et le flotteur en cuivre, qui, dans ce cas, aurait une surface de 3 mètres carrés, le prix serait de 155 fr., et de 129 fr. si le flotteur était en zinc. Les prix ne différeraient guère des précédents, si l'équilibre du système était produit par le moyen représenté sur les figures 3 et 4, à cause de la diminution qui en résulterait sur la dépense du flotteur.

Un appareil en zinc et en fer-blanc, semblable à celui que nous avons fait déposer à la préfecture de la Haute-Marne, et qui a été cité plus haut, coûtera de 45 à 50 fr.

Pour terminer ce mémoire, nous résumerons en peu de mots les avantages que présente l'emploi de l'appareil qui en est l'objet :

La suppression des vannes qu'on adaptait aux déversoirs des bassins d'épuration, et la possibilité de décanter, sans les troubler, toutes les eaux qui restent dans ces bassins lorsqu'ils sont remplis aux trois quarts des dépôts produits par le lavage, et par conséquent la cessation des abus inséparables de l'usage des vannes; Résumé.

La faculté de décanter les eaux de lavage et de les rendre claires à leur cours naturel pendant l'activité des patouillets ou des lavoirs, au moyen d'une chute qui peut ne pas dépasser 48 à 50 centimètres, et sans que cette opération exige d'autre manœuvre que celle d'ouvrir et de fermer une fois

ou deux chaque jour les robinets qui reproduisent ou suspendent le jeu des siphons;

La certitude que le même appareil donnera constamment le même volume d'eau sous la même pression motrice, et que les résultats seront toujours conformes aux annonces du calcul;

Le prix modéré de l'appareil complet dans les hypothèses les plus défavorables, l'avantage de ne point être obligé à en renouveler la dépense et de pouvoir compter qu'il servira pour ainsi dire indéfiniment;

Le peu de place occupé par chaque appareil, même des plus grandes dimensions, ce qui permet de les mettre aisément à couvert, et, s'il était quelquefois nécessaire, hors de l'atteinte des curieux ou des malveillants.

Tels sont les avantages que réunira notre système lorsqu'il sera établi, et qu'on s'en servira conformément aux principes que nous avons exposés.

MÉMOIRE

Sur la nature des terrains de transition et des porphyres du département de la Loire;

Par M. GRUNER, Ingénieur des mines.

Le département de la Loire est limité à l'ouest comme au midi par deux chaînes de montagnes qu'il importe de bien connaître, si l'on veut se faire une idée exacte de la constitution géographique et géologique de cette partie de la France.

Constitution géographique du département de la Loire.

La première de ces chaînes a une direction constante sud-nord un peu ouest, et sépare les eaux de l'Allier de celles de la Loire; on la désigne ordinairement par le nom de *montagnes du Forez.*

La seconde, appelée *chaîne du Pilas*, a une direction générale sud-sud-ouest nord-nord-est, et partage, dans son prolongement méridional, les affluents de la Loire de ceux du Rhône.

Les deux chaînes s'entre-croisent au mont Mézenc, auprès des sources de la Loire, et constituent par leur rencontre les plateaux élevés très-accidentés de l'Ardèche et de la Haute-Loire.

La chaîne du Pilas, très-large au mont Mézenc, devient plus étroite vers le nord, et se termine brusquement auprès de Givors, à la jonction du Giers et du Rhône; cependant un chaînon parallèle, les *montagnes de Riverie,* sur la rive gauche du Giers, s'avance un peu plus au nord, jusqu'auprès de Vernaison et Oulins sur le Rhône.

La chaîne des montagnes du Forez conserve

une hauteur moyenne de 1,000 à 1,200 mètres jusqu'au Puy-Montoncelle, vers lequel viennent aboutir les limites des trois départements de la Loire, de l'Allier et du Puy-de-Dôme; mais à partir de ce point elle se déprime considérablement, pour ne plus former aux environs de Moulins qu'une suite de coteaux peu élevés entre l'Allier et la Loire.

Une troisième série de hauteurs d'une moindre importance, divisée en divers petits chaînons, prend son origine dans les environs de Saint-Étienne ou de Saint-Héand et s'étend de là vers le nord parallèlement à la Loire jusqu'au delà des limites du département. Ces hauteurs dépendent des *montagnes du Beaujolais*, et séparent les eaux de la Loire de celles de la Saône.

Enfin un massif de coteaux d'une hauteur encore moins considérable coupe transversalement la vallée de la Loire, immédiatement au-dessus de Roanne, et établit ainsi une espèce de liaison entre les montagnes du Beaujolais et la chaîne du Forez. Ce massif divise en même temps la large vallée de la Loire en deux bassins bien distincts, dont le plus élevé est connu sous le nom de *plaine du Forez*, tandis que l'inférieur est appelé *plaine de Roanne*. Entre les deux plaines, la Loire, profondément encaissée, ne parvient que difficilement à se frayer un passage très-resserré et des plus sinueux.

Constitution géologique du département de la Loire.

Si maintenant nous passons à l'examen rapide des diverses formations qui constituent le sol du département de la Loire, nous verrons les chaînes du Pilas et de Riverie et les montagnes du Forez servir de base aux terrains qui se sont successivement déposés dans l'intérieur de ce département

et former les rivages du bassin au sein duquel les terrains plus modernes ont été engendrés. Nous trouverons ces chaînes, ainsi que les plateaux qui résultent de leur entre-croisement, essentiellement composés de terrains primordiaux, de gneiss, de granite et de micaschiste; j'en excepte toutefois le bassin houiller de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, qui se trouve comme enclavé entre ces trois chaînes, savoir, au nord et au midi par les montagnes de Riverie et du Pilas, et à l'ouest par les derniers contre-forts de la chaîne du Forez.

Si nous avançons ensuite vers le nord, nous rencontrerons sur la rive gauche de la Loire les porphyres et les terrains de transition, à la hauteur de la vallée du Lignon, et sur la rive droite les porphyres aux environs de Haute-Rivoire, mais les terrains de transition seulement au nord de Panissière. Ces terrains se prolongent jusqu'au delà des limites du département en deux bandes parallèles allongées dans le sens nord-sud et séparées l'une de l'autre par la formation tertiaire de la vallée de la Loire; il n'existe de communication entre elles que par le massif de coteaux qui coupe transversalement la Loire entre les plaines du Forez et de Roanne, massif également composé de ces terrains porphyriques et de transition.

La bande occidentale forme une série de hauteurs au pied des montagnes du Forez; quant à la bande orientale, elle constitue tout le massif des montagnes du Beaujolais, et prend son plus grand développement dans le département du Rhône.

Sur ces terrains de porphyre et de transition viennent reposer en stratification discordante les couches inférieures de l'étage jurassique, princi-

palement les *calcaires*, *grès et marnes du lias*; elles ne sont visibles toutefois qu'en bandes fort étroites dans les environs de Charlieu et sur les bords de la Loire, dans l'angle nord-est du département. Le *grès bigarré* qui se montre dans le département du Rhône ne paraît point dans le département de la Loire.

Une seule formation de sédiment succède à cet étage jurassique inférieur, c'est le *terrain tertiaire lacustre* de l'*étage moyen*, qui a comblé les bassins de Feurs et de Roanne, et se lie au dépôt tertiaire de la Limagne et de l'Allier.

Quelques cônes isolés de *basalte* ont ensuite surgi du sein de la terre à travers les couches tertiaires de la plaine de Feurs et les masses granitiques des montagnes du Forez.

Enfin, quelques dépôts isolés de *diluvium* et l'*alluvion des bords de la Loire* signalent les dernières perturbations que notre globe a éprouvées.

De ces divers terrains le plus intéressant sans doute est le *terrain de transition* avec les masses porphyriques auxquelles il semble intimement lié. C'est cependant celui dont l'étude a été le plus négligée jusqu'à présent en France, soit parce que ces terrains sont moins répandus que les terrains secondaires et tertiaires, soit parce que les modifications et les dérangements nombreux qu'ils ont subis postérieurement à leur dépôt ont rendu cette étude plus difficile.

Chargé de la carte géologique du département de la Loire, j'ai été naturellement appelé à m'occuper des terrains de transition, et ce sont les résultats de ces recherches que je vais consigner dans ce mémoire. Il est nécessaire cependant de donner d'abord quelques détails sur les *terrains primitifs*.

La formation la plus ancienne du département est le *gneiss* ou plutôt un *granite schisteux* qui passe insensiblement au gneiss. On rencontre cette roche dans les deux chaînes parallèles du Pilas et de Riverie. Terrains primitifs, gneiss et micaschiste.

Un granite blanc à grains très-fins, dur et tenace, forme la crête la plus élevée du Pilas entre la Croix-de-Montvieux et le crêt de la Perdrix; des paillettes de mica blanc très-abondantes communiquent à la roche une structure déjà légèrement schisteuse.

Ce granite passe insensiblement au gneiss bien stratifié du flanc septentrional de la chaîne, gneiss dont les couches se relèvent vers le sommet de la montagne sous un angle moyen de 35 à 40°, rarement au delà de 50°.

Vers la base de la chaîne le gneiss se change en *micaschiste*, qui est souvent fort tendre et talqueux; il contient de nombreux rognons et filons de quartz exploités pour les verreries de Rive-de-Gier.

La direction des couches de gneiss et de micaschiste correspond généralement, d'après un grand nombre d'observations, à hora 3 1/2 de la boussole; cependant elle varie entre les limites extrêmes de hora 2 1/2 et hora 4.

La même disposition se reproduit tout le long du flanc septentrional de la chaîne du Pilas. Partout, entre Firminy et Givors, le pied de la chaîne, contre lequel vient s'appuyer le terrain houiller, se compose de micaschiste passant peu à peu au gneiss et enfin au granite schisteux, et la direction des couches demeure aussi comprise entre les heures 3 et 3 1/2 de la boussole.

A la Croix-de-Montvieux (au-dessus de Rive-de-Gier), le terrain schisteux s'élève jusqu'à la crête même de la chaîne, mais dans son prolongement occidental il s'en éloigne de plus en plus; c'est ainsi que sur la route royale de Paris à Marseille il disparaît à la hauteur de Plan-Foy, et sur la route de Saint-Étienne à Saint-Didier, déjà au-dessus de Saint-Just-les-Vélay.

Granite moderne.

Au delà du gneiss et du granite schisteux, le plateau de Saint-Genest-Malifaux et tout le revers méridional de la chaîne du Pilas sont formés par un granite grenu, généralement assez friable, à feldspath opaque blanc et à mica brun ou noir : il n'est jamais schisteux, et se distingue d'ailleurs du granite de la crête du Pilas par de très-nombreux fragments anguleux et arrondis de gneiss et de micaschiste empâtés au milieu de la masse. Ces blocs s'observent dans une foule de localités, mais surtout très-bien dans les tranchées de la route de Marseille à la descente vers Bourg-Argental. Le granite pénètre aussi sous forme de filons jusque dans l'intérieur même du terrain de gneiss : on peut en voir plusieurs près de la Croix-de-Montvieux et près du bourg de Plan-Foy.

La chaîne du Pilas se divise en plusieurs chaînons parallèles.

La chaîne du Pilas, très-resserrée à son origine près de Givors, devient de plus en plus large à mesure qu'elle avance vers le sud-ouest, et se divise enfin en plusieurs chaînons parallèles séparés les uns des autres par autant de vallons, dont les principaux sont ceux de la Diaume et de la Cance.

Au fond et le long des flancs de ces vallons, entre autres lieux aux environs de Saint-Sauveur et de Bourg-Argental, dans la vallée de la Diaume, on retrouve fréquemment des masses assez considérables de gneiss, toujours néanmoins disloquées

par le granite qui règne d'ailleurs exclusivement le long des crêtes de ces chaînons.

La nature et l'aspect du granite sont peu variables; en quelques points cependant le feldspath est rougeâtre, comme dans la partie supérieure de la vallée de la Diaume; en divers autres points il est cristallin, compacte et dur; c'est le cas à une petite distance au-dessus de Bourg-Argental, sur la route de Saint-Sauveur. Diverses variétés du granite.

La chaîne de Riverie offre des dispositions analogues, à cela près cependant que le granite proprement dit est fort rare. Le gneiss couvre le revers méridional de ces montagnes, entre Latour et Rive-de-Gier : vers la crête il passe au granite schisteux, vers la base au micaschiste. Ce dernier n'est cependant visible que dans les environs de Latour; car, à partir de Sorbiers jusqu'au delà de Rive-de-Gier, le terrain houiller s'élève si haut contre le flanc de la chaîne que le micaschiste est entièrement couvert. L'inclinaison des couches est très-forte, ordinairement presque verticale; quelquefois même les couches ont éprouvé un renversement total, et leur plongée habituelle vers le sud fait place à une plongée opposée vers le nord, comme aux environs de Saint-Cristot. Chaîne de Riverie.

Au haut de la crête on ne voit nulle part du granite moderne, mais uniquement un gneiss très-feldspathique, ou granite schisteux évidemment plus ancien que le gneiss du flanc de la chaîne. Je n'ai pu découvrir que quelques filons de granite dans la gorge de Valfleury, et quelques buttes entre Saint-Galmier et Saint-Héand à l'extrémité ouest de la chaîne. Les filons de granite coupés par le chemin de fer entre Givors et Lyon paraissent aussi appartenir à cette classe de granites modernes.

Le revers septentrional de la chaîne de Riverie diffère peu du revers méridional. Le granite schisteux de la crête passe au gneiss, et celui-ci au micaschiste. On peut observer ce dernier dans la vallée de la Brevenne. Les couches plongent très-fortement au nord, en se relevant vers le centre de chaîne. Le gneiss se montre encore au delà de la vallée de la Brevenne, plongeant toujours vers le nord, et se perdant enfin sous les terrains de transition entre Panissière et Néronde. Mais ce gneiss a été disloqué par une masse granitique dont il sera question à la page 113.

Deux directions principales dans le gneiss de la chaîne de Riverie.

La direction des couches de gneiss n'est pas la même dans toute l'étendue de la chaîne de Riverie. Elle est constamment de hora 3 sur les deux flancs de la vallée de la Brevenne; elle est comprise entre les heures 3 et 4 sur le revers méridional de la chaîne, entre Riverie et Saint-Cristot; mais là elle se modifie, et de ce point à Saint-Héand, de même qu'à Fontanès, Latour et Grammont, la direction générale, à part quelques perturbations locales, est intermédiaire entre hora 5 et 5 1/2. C'est aussi la direction générale du Pilas et de la chaîne de Riverie; la direction des vallées du Gier, de la Diaume et de la Cance; la direction des couches du terrain houiller entre Saint-Chamond et Valfleury; de même celle des couches de houille dans les mines de Montrambert, du Janon et du bois d'Aveize, comme aussi dans la plupart des mines de Rive-de-Gier; en un mot, c'est, abstraction faite de quelques dislocations peu importantes, la direction des couches du terrain houiller tout le long du pied de la chaîne du Pilas.

Le gneiss a été soulevé anté-

Les couches du terrain de gneiss sont donc, en général, soulevées suivant une direction intermé-

diaire entre les heures 3 et 3 1/2 de la boussole, et cela antérieurement au dépôt du terrain houiller, puisque les couches de ce terrain ont une direction différente et reposent, par conséquent, comme au reste l'observation de plusieurs superpositions immédiates le confirme, en stratification transgressive sur le gneiss. Le gneiss a même été soulevé antérieurement au dépôt du terrain silurien, car celui-ci offre généralement une direction très-différente, comme nous le verrons plus bas. Ce soulèvement correspond donc, par sa direction et par son âge, au premier système de M. de Beaumont, fait que M. Fournet avait déjà reconnu par ses études des environs de Lyon.

rieurement au dépôt du terrain silurien.

Quand on recherche la cause de ce premier soulèvement, on est nécessairement conduit à examiner le rôle du granite, et l'on est amené à se demander si l'apparition de cette roche ignée n'aurait pas occasionné le redressement des couches de gneiss.

La cause du soulèvement du gneiss paraît se trouver dans le premier surgissement du granite.

Il est certain d'abord que le granite a paru postérieurement au dépôt du micaschiste et a dû arriver au jour dans un état de complète fluidité, puisqu'il a englobé un si grand nombre de petits blocs de gneiss et de micaschiste. Par suite, il n'a pu former, lors de sa sortie du sein de la terre, les cimes élevées que l'on peut observer aujourd'hui : le relief actuel du Pilas et la direction que cette chaîne a imprimée au terrain houiller ne peuvent donc pas être attribués à l'éruption première du granite à l'état fluide.

Un autre fait conduit aux mêmes conséquences. On peut observer à Rive-de-Gier des filons de granite qui traversent le gneiss jusqu'au contact du terrain houiller, mais sans y pénétrer.

Le granite a donc percé la croûte de gneiss antérieurement au dépôt du terrain houiller, et à plus forte raison antérieurement au soulèvement de la chaîne du Pilas.

L'âge du granite se trouve ainsi ramené à la période des terrains de transition ; les faits ne peuvent conduire plus loin. Toutefois, si l'on considère que le granite proprement dit ne perce nulle part à travers les terrains de transition, et qu'une autre roche d'origine ignée (dont nous parlerons plus bas), le *porphyre granitoïde*, s'est élevée du sein de la terre entre les deux étages de la formation silurienne; si l'on réfléchit que l'apparition du granite de la chaîne du Pilas a dû nécessairement exercer une grande influence sur la direction des couches de gneiss, on devra conclure avec nous qu'il est plus que probable que le soulèvement suivant hora 3 correspond, en effet, au premier surgissement de ces masses granitiques à l'état fluide. (*Voyez* pour plus de développement la page 113.)

On ne peut rien conclure de la direction actuelle des granites, car leur direction première a dû être considérablement modifiée par le soulèvement plus moderne de la chaîne du Pilas; néanmoins on pourrait encore retrouver cette direction première dans quelques chaînons qui se détachent du massif principal, entre autres dans celui qui, du crêt de la Perdrix, s'abaisse vers Bourg-Argental, comme aussi dans plusieurs parties de la crête elle-même, qui sont également orientées suivant cette aire de la boussole. Je ne citerai que la portion comprise entre la Croix-de-Montvieux et la roche des Trois-Dents.

Le terrain primitif occupe encore la chaîne du Forez, c'est-à-dire toute la limite occidentale du département; le granite y règne à peu près seul, toutefois il ne semble pas de même nature au nord et au midi du département.

Montagnes granitiques du Forez.

Le granite de la partie méridionale, depuis les environs d'Aurec et de Saint-Bonnet-le-Château jusqu'aux bois de l'Hermitage, est à petits grains, généralement friable et parfaitement semblable au granite moderne du plateau de Saint-Genest-Malifaux et du revers méridional du Pilas; comme lui il est blanc, avec mica brun, et comme lui il contient des blocs, et quelquefois même de petits lambeaux de gneiss et de micaschiste. On peut les observer sur la route de Montbrison à Saint-Anthême, sur celle de Montbrison à Saint-Bonnet-le-Château, et dans les environs de Périgneux, de Luriecq, de Lésigneux, etc.

1° Granite friable à grains fins empâtant des blocs de gneiss.

Vers le haut de la chaîne le granite est généralement plus compacte et plus dur, les fragments de gneiss disparaissent, et le feldspath se colore çà et là en rose.

Aux environs de Luriecq on voit même ce granite plus compacte pénétrer en filons dans le granite friable. Ce fait ne doit pas cependant autoriser une division en deux formations d'âge différent, car il est probable que le granite n'est pas plus sorti du sein de la terre d'un seul jet que les autres roches plutoniques.

Au nord du bois de l'Hermitage le granite, jusqu'alors à grains fins, change d'aspect. Il est remplacé par un granite à gros cristaux de quartz et de feldspath très-mal définis, mêlés les uns aux autres en égale proportion, et parsemés de paillettes de mica brun ou vert. Le feldspath est le

2° Granite à gros grains sans blocs de gneiss.

plus souvent blanc ou blanc grisâtre, mais parfois aussi rose et rouge.

Le granite, généralement assez friable, ne manque cependant pas de solidité sur les hautes sommités. On peut observer la plupart des variétés en suivant la route de Lyon à Clermont, depuis le lieu dit les Ruines, jusqu'à la Bergère, limite du département.

A Saint-Julien-la-Vestre on rencontre une variété dans laquelle les cristaux de feldspath sont mieux définis et communiquent au granite un aspect porphyroïde; toutefois l'abondance du quartz le distingue nettement des porphyres. Ailleurs le granite ordinaire est traversé par des filons ou des masses plus ou moins considérables d'un granite jaunâtre à grains très-fins, se divisant facilement en tables. Ces grains sont quelquefois si fins que la roche paraît homogène. On en voit un exemple non loin du château de Lendrevit, dans les bois de Saint-Thomas.

Je n'ai vu nulle part, au milieu du granite à gros grains de l'extrémité nord de la chaîne du Forez, des blocs ou des lambeaux de gneiss; bien plus, le granite passe dans quelques localités à une roche schisteuse assez semblable au granit ancien du sommet du Pilas.

Ces passages sont fréquents sur le revers septentrional des hauteurs de l'Hermitage, près de Noirétable.

On serait ainsi conduit à attribuer au granite à gros grains un âge antérieur à la formation du gneiss, mais j'avoue que les faits observés ne sont ni assez nombreux, ni assez précis pour qu'il soit permis de séparer ainsi les granites de la chaîne

du Forez en deux classes d'origine et d'âge différents.

La direction générale de la chaîne du Forez est sud-nord un peu ouest; très-probablement déterminée, comme nous le verrons plus bas, par le surgissement du porphyre quartzifère. Direction de la chaîne du Forez.

Ces masses granitiques devaient avoir dans l'origine une direction différente qu'il serait néanmoins difficile de retrouver aujourd'hui.

M. Dufresnoy, dans sa description du plateau central de la France, nous apprend que le gneiss paraît sur le revers occidental de la chaîne du Forez, aux environs de Thiers. Une étude plus complète du gisement de cette roche stratifiée éclaircirait sans doute la question de l'âge et de la direction première du granite à gros grains, et de son identité ou non-identité avec le granite plus fin de la partie méridionale de la chaîne du Forez; mais, jusqu'à ce jour, il m'a été impossible de visiter cette localité, située en dehors de notre département.

Terrains de transition et porphyres.

On sera peut-être étonné de trouver réunis sous un même titre des terrains si différents, une formation de sédiment et des roches d'origine ignée; mais cette association me paraît indispensable et commandée par la nature même des choses. Ces deux classes de terrains se trouvent dans une liaison si intime et paraissent avoir réagi si fréquemment l'une sur l'autre, que, pour en donner une idée plus nette, il faut nécessairement les décrire pour ainsi dire simultanément.

Le terrain de transition du département de la Loire divisé en trois étages.

Le terrain de transition peut se sous-diviser, dans le département de la Loire, en trois étages bien distincts, sans parler d'un schiste argileux qui, par ses caractères extérieurs, par l'absence totale de tout débris organique et de tout grès, et par ses passages insensibles au gneiss, me semble devoir être rangé parmi les terrains primitifs, mais que quelques géologues ont, autrefois du moins, réuni au terrain de transition.

Étage supérieur. Grès feldspathique à anthracite.

L'étage le plus élevé et le plus répandu renferme de l'anthracite ; la roche prédominante est un grès éminemment feldspathique, tantôt friable et terreux, tantôt, et le plus souvent, fort compacte et cristallin ; presque toujours il est aussi très-micacé.

Le porphyre granitoïde sépare l'étage supérieur de l'étage moyen.

Les premières assises de ce terrain correspondent aux épanchements d'une roche pyrogène, que je désigne sous le nom de *porphyre granitoïde*.

Conglomérat à la base de l'étage supérieur.

Les débris de ce porphyre, joints aux galets calcaires, schisteux et arénacés des terrains plus anciens, forment un conglomérat qui sépare nettement l'étage supérieur de l'étage moyen : ils reposent d'ailleurs en général l'un sur l'autre en stratification discordante.

Il existe cependant quelques localités, plus éloignées sans doute des centres d'éruption du porphyre granitoïde, où l'étage moyen paraît insensiblement passer à l'étage supérieur sans changement bien notable dans la stratification.

Étage moyen.

Au conglomérat que je viens de signaler succèdent, si l'on descend l'échelle des terrains, des schistes argilo-talqueux diversement colorés, plusieurs espèces de grès argilo-quartzeux et du calcaire gris-bleuâtre bitumineux contenant des fos-

siles; les grès, fréquemment assez grossiers, contiennent des noyaux de quartz hyalin blanc, de lydienne et de grès quartzite, cimentés par une masse argileuse généralement verdâtre.

Ce conglomérat ou grès grossier se distingue de celui de l'étage supérieur principalement par l'absence des galets porphyriques et calcaires; il est aussi ordinairement moins grossier.

Étage inférieur.

L'existence des noyaux de lydienne et grauwacke-quartzite dans les grès de l'étage moyen fait pressentir des couches encore plus anciennes. On rencontre, en effet, dans le département de la Loire des schistes satinés d'une nuance très-claire, alternant avec des bancs de lydienne, des couches de grès quartzite et des conglomérats à ciment siliceux, exclusivement formés de noyaux de quartz hyalin et de quelques fragments de schistes primitifs.

L'isolement des couches de ce troisième étage, au milieu des grès du groupe supérieur et des porphyres quartzifères, ne permet pas de constater, par la voie des superpositions, si elles sont réellement plus anciennes que les terrains de l'étage moyen. La direction des couches n'est d'ailleurs d'aucune utilité pour la question, car, dans les trois étages, elle est des plus variables, grâce aux perturbations produites par l'apparition des porphyres. L'établissement d'un troisième étage pourrait donc paraître hasardé, puisqu'il ne repose que sur des caractères minéralogiques; le fait néanmoins que les conglomérats de l'étage moyen renferment des galets de lydienne et de grès que l'on retrouve à quelque distance de là en couches régulières me paraît décisif.

Les 3 étages correspondent aux terrains silurien et cambrien.

Si l'on compare maintenant ces trois groupes aux divisions établies dans les terrains de transition des autres contrées, si l'on consulte les fossiles du calcaire bitumineux de l'étage moyen et les dépôts d'anthracite de l'étage supérieur, on devra reconnaître avec nous que les étages moyen et supérieur correspondent au *terrain silurien*, et l'étage inférieur au terrain *cambrien* (1).

Le terrain silurien de quelques pays, en particulier de l'ouest de la France, d'après les mémoires de M. Dufresnoy, se subdivise en deux groupes qui correspondent aux étages supérieur et moyen ; mais nulle part ils ne paraissent aussi nettement tranchés que dans les départements de la Loire et du Rhône ; du moins nulle part, je crois, on n'a signalé une roche pyrogène sortie du sein de la terre à l'origine de l'étage supérieur.

L'étage supérieur séparé du terrain silurien sous le nom de terrain anthraxifère.

Cette circonstance m'engage à considérer cet étage supérieur comme une formation particulière que l'on pourrait appeler terrain *silurien anthraxifère*, ou plus simplement *terrain anthraxifère*, qu'il ne faudra pas confondre avec la formation de même nom de M. d'Omalius d'Halloy.

Porphyres quartzifères. Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Postérieurement à leur dépôt, les terrains de transition ont été bouleversés et traversés par des masses considérables de *porphyre quartzifère*. L'époque de son apparition ne peut être déterminée d'une manière précise ; les observations directes prouvent seulement qu'il est postérieur au terrain anthraxifère, et antérieur au grès bigarré.

Mais si l'on voulait fixer son âge en appliquant

---

(1) M. Lemeyrie a le premier reconnu la formation silurienne dans les terrains de transition du département du Rhône.

le principe de M. E. de Beaumont, on serait amené à placer son apparition immédiatement après le dépôt du terrain houiller, car la direction principale paraît se confondre avec celle de la chaîne du Forez, qui n'est autre que celle du troisième système de soulèvement (sud 5° est-nord 5° ouest). Nous reviendrons plus bas sur cette hypothèse.

Décrivons maintenant plus en détail ces divers terrains.

1° *Terrain cambrien* (étage inférieur).

Des trois groupes du terrain de transition, le *terrain cambrien* est le moins développé dans le département de la Loire et le plus imparfaitement caractérisé, à moins de regarder comme terrain de transition les gneiss et schistes situés entre les vallées du Gier et de la Brevenne, et dont la direction constante est heure 3 ou 3 1/2.

Les gneiss et schistes micacés et talqueux des départements de la Loire et du Rhône, ne sont pas des terrains de transition modifiés.

Nous avons déjà mentionné ces roches plus haut, mais il est nécessaire d'entrer dans de nouveaux détails.

A la base, ce sont des gneiss parfaitement bien caractérisés, et passant même au granite schisteux; dans la partie supérieure, on les voit insensiblement se transformer en schistes argileux friables, renfermant toutefois encore des grains feldspathiques blancs; comme exemple, on peut citer la route de Sainte-Foy-l'Argentière à Duerne.

Ailleurs, les gneiss deviennent très-micacés ou talqueux; exemple, Rive-de-Gier, Latour, Saint-Bel (1). Nulle part ces schistes n'alternent avec des

(1) La plupart de ces schistes talqueux, par exemple les schistes blancs savonneux dans lesquels on exploite les

conglomérats ou de véritables grès, et les débris organiques sont complétement étrangers à cette formation. Les schistes qui sont associés à la grauwacke n'ont aucune analogie avec les schistes les plus modernes du terrain de gneiss. Les premiers ne renferment ni cristaux de feldspath, ni paillettes apparentes de mica; ils ne sont talqueux que par exception, et seulement au contact de fortes masses porphyriques; et dans ce cas même, ils ne sont jamais feldspathiques, et plutôt fibreux et rudes au toucher que feuilletés et savonneux comme les schistes du gneiss. Je ne puis donc admettre que le gneiss et les schistes micacés et talqueux des départements du Rhône et de la Loire soient des schistes de transition modifiés. M. Fournet de Lyon a été conduit par ses recherches au même résultat.

Mais si l'on range parmi les terrains primitifs la grande formation de gneiss comprise entre Rive-de-Gier et Tarrare, le terrain cambrien de la Loire se trouvera alors réduit à quelques lambeaux isolés de schistes et grès, dont plusieurs même appartiennent peut-être au terrain silurien.

Lambeau de terrain cambrien au nord-est de St-Just en Chevalet (Carte 87 de Cassini).

Le principal lambeau du terrain de transition qui appartient bien réellement au groupe inférieur, occupe une partie du plateau situé au nord-est du bourg de Saint-Just en Chevalet; il est traversé dans sa plus grande longueur par la route royale de Roanne à Clermont. Sa longueur est d'environ 4 à 5000 mètres, sa largeur ne dépasse

---

pyrites de Saint-Bel ne sont rien moins que du talc. L'analyse m'a démontré que ces derniers ne renferment que du silicate d'alumine anhydre parfaitement pur.

pas deux à trois mille mètres. Il est entouré de toutes parts par le porphyre quartzifère et les grès du terrain anthraxifère.

La roche dominante est un schiste argileux vert clair, doux au toucher, un peu satiné; tantôt il se divise en plaques bien unies d'une solidité moyenne, et tantôt les feuillets plissés et fragiles semblent avoir été altérés par les porphyres. En quelques points ils deviennent un peu plus grossiers et passent ainsi à un grès schisteux, argilo-quartzeux (grauwacke schisteuse), d'une teinte également verdâtre.

Quartz lydien en place, alternant avec les schistes de transition.

Au milieu de ces schistes, on observe du quartz lydien disposé en petits lits continus parallèlement à la stratification du terrain. La plupart de ces petits bancs n'ont qu'une puissance moyenne de 12 à 15 centimètres. Le quartz est totalement noir ou veiné de blanc, et dans ce dernier cas les veines sont également parallèles aux couches du terrain. On peut très-bien observer ces petits lits de quartz lydien dans les fossés de la route royale de Roanne à Clermont, près du hameau de la Croze et sur le chemin du hameau des Essards à Cremaux.

Base du terrain cambrien.

A la base du terrain schisteux entre les hameaux des Essards et de la Bourrée, on rencontre une grauwacke très-grossière, un véritable conglomérat passant toutefois à un grès plus fin dans le voisinage des schistes. Mais cette grauwacke diffère complétement du grès argileux qui alterne avec les schistes eux-mêmes. Elle est presque exclusivement formée de noyaux de quartz hyalin ou de quartz blanc, réunis par un ciment siliceux. Dans les grauwackes très-grossières on aperçoit encore quelques petits fragments de schiste tal-

queux, verdâtre, mais ils disparaissent dans les variétés plus fines qui passent alors à un véritable quartzite grenu d'un blanc grisâtre ou gris jaunâtre, avec éclat gras lustré. Il est essentiel de remarquer dans ces grès grossiers l'absence complète des galets de lydienne et de quartzite.

On ne reconnaît aucune direction constante dans le terrain cambrien.

La direction des couches est très-variable, circonstance liée à la proximité du porphyre quartzifère, qui non-seulement enveloppe en partie, mais traverse même en filons et buttes isolés ce lambeau du terrain cambrien.

Quant à l'inclinaison des couches, elle est toujours très-forte, fréquemment verticale, et même çà et là on voit distinctement des couches totalement renversées.

Cette plongée si forte, générale dans le terrain cambrien, est exceptionnelle dans le terrain silurien.

Différences entre les terrains cambrien et silurien.

Pour fixer l'âge de ce lambeau isolé, on ne peut avoir recours au caractère de la superposition, du moins on reconnaît seulement que ces couches plongent sous le grès anthraxifère des environs de Cremeaux; mais le fait déjà signalé, que les grès et poudingues du terrain silurien contiennent des galets de quartzite et de lydienne, que l'on retrouve en couches régulières dans la localité dont nous nous occupons, tandis que les grès et conglomérats de ce même lambeau ne renferment que les débris du terrain primitif, doit dissiper, il me semble, tous les doutes. Remarquons encore que le quartz lydien ne paraît jamais en couches dans le terrain silurien bien caractérisé, et que les couches de grès quartzite, dans le département de la Loire, ne sont jamais associées à des grès, schistes et calcaires évidem-

ment siluriens. Enfin je ne puis m'empêcher de rappeler que M. Dufresnoy, dans son mémoire sur les terrains de transition de l'ouest de la France (*Annales des mines*, t. 14, p. 239), cite également le quartz lydien en petits lits au milieu des schistes comme l'un des caractères du terrain cambrien de la Normandie et même des Pyrénées.

Je crois devoir réunir au terrain cambrien quelques autres lambeaux du terrain de transition, presque tous situés à une faible distance de celui dont je viens de parler, dans la partie supérieure de la vallée de l'Aix.

Autres lambeaux appartenant au terrain cambrien (Carte 52 de Cassini).

Le plus grand de ces lambeaux est compris entre les hameaux de Brossard, Taboulet et Roche. Il se compose de schistes jaune-verdâtre parfaitement unis, un peu satinés et d'une solidité moyenne, alternant avec des grès, des conglomérats et des quartzites lustrés tout à fait semblables à ceux du terrain précédemment décrit. Je n'ai pu y découvrir aucun lit de quartz lydien.

On voit que la nature minéralogique des roches me conduit seule dans ce rapprochement, mais aussi je pense que pour des terrains si peu éloignés l'un de l'autre, ce caractère doit être de quelque importance. Autour de ce lambeau, au milieu du porphyre quartzifère, on en trouve quelques autres plus petits d'une composition identique.

Il est possible que le terrain cambrien se montre encore à découvert en quelques autres points du département, du moins sur la rive gauche de la Loire; mais les roches sont si mal caractérisées qu'il est tout aussi rationnel de les joindre à l'étage silurien.

Ainsi, dans la vallée du Lignon, sur le flanc des

coteaux dominés par le village des Allieux, on trouve au milieu du porphyre granitoïde des schistes verdâtres plissés et ondulés, dont les caractères minéralogiques sont tout à fait semblables à ceux du plateau de Saint-Just; mais ils n'alternent ni avec des bancs de lydienne, ni avec des grès quartzites lustrés; ils semblent au contraire assez intimement liés à des schistes d'une composition peu différente au milieu desquels on exploite, au hameau de la Soulagette, un banc de calcaire bitumineux de l'étage silurien.

La cause qui a mis fin à l'étage cambrien ne peut être reconnue dans le département de la Loire. Dans l'ouest de la France et dans le Westmoreland, la direction du terrain cambrien est différente de la direction du gneiss de la Loire et du Rhône; il paraîtrait donc d'après cela que le soulèvement du gneiss suivant hor. 3 a précédé le dépôt du terrain cambrien. Dans tous les cas, les mouvements du sol dans le département de la Loire, à la fin de la période cambrienne, n'ont pas dû être très-brusques, car les poudingues à la base du terrain silurien sont en général assez fins.

2° *Terrain silurien* (étage moyen).

Dans le département de la Loire, le terrain silurien est beaucoup plus développé que le terrain cambrien.

Il se compose d'une série de couches de grès, de schistes et de calcaires alternant entre eux sans ordre de succession bien constant; cependant, partout où les circonstances de stratification m'ont permis de juger l'ancienneté relative de diverses couches, j'ai trouvé le calcaire plutôt à la limite supérieure du terrain. Les grès et les schistes se

montrent par contre dans toutes les parties du terrain, alternant seuls entre eux à la base, et avec le calcaire dans la partie supérieure.

Les grès sont généralement à grains fins; les petits noyaux, dans les variétés les plus grossières, fort rarement de la grandeur d'une noix. Outre les galets de quartz blanc, les grès siluriens renferment encore des noyaux de lydienne, de quartzite lustré et de schistes, débris évidents de l'étage de transition inférieur. Le ciment est plutôt argileux que siliceux; toutefois ces grès sont assez compactes et durs, du moins à la partie inférieure du terrain. Leurs couleurs très-variées sont d'une nuance foncée, jamais ils n'ont l'éclat lustré; leur cassure est toujours grenue, souvent terreuse et terne; quelques variétés sont micacées. Grès du terrain silurien.

Les schistes de l'étage silurien sont tendres et cassants; toutefois, à la limite supérieure du terrain, on en trouve de fort tenaces qui passent aux grès feldspathiques et cristallins de l'étage anthraxifère. Ordinairement argileux, ils se délitent facilement au contact de l'air; mais dans le voisinage du porphyre granitoïde, ils ont été quelquefois changés en roches amphiboliques ou talqueuses, qui résistent mieux aux influences de l'atmosphère. Schistes siluriens.

Les couleurs des schistes sont aussi variées que celles des grès.

Les calcaires intercalés entre les bancs des schistes, ont toujours une teinte foncée, grise ou noire, tirant sur le bleu. Le choc développe dans quelques variétés une odeur bitumineuse. Des tiges d'encrines sillonnent la roche et apparaissent dans les cassures en travers comme autant d'anneaux de calcaire spathique. Outre ce fossile, Calcaire silurien.

on en rencontre plusieurs autres, principalement des *orthis*.

Direction et inclinaison des couches.

La direction des couches du terrain silurien est variable. On en jugera par les exemples que nous citerons plus bas. L'inclinaison des couches dépasse rarement 45°, elle est même ordinairement bien plus faible ; il faut en excepter toutefois les parties du terrain placées dans le voisinage immédiat de fortes masses porphyriques.

Le terrain silurien forme une lisière autour du terrain anthraxifère.

Le terrain silurien constitue, dans le département de la Loire, une lisière plus ou moins continue autour du terrain anthraxifère, et dessine ainsi la position et la forme du bassin au sein duquel se sont déposés les éléments de cet étage supérieur.

Dans la généralité des points de cette lisière, les couches du terrain inférieur plongent vers l'intérieur du bassin, et même assez souvent l'inclinaison est inverse dans les points diamétralement opposés.

Le bassin, beaucoup plus étendu sur la rive droite de la Loire que sur la rive gauche, se prolonge d'ailleurs dans l'intérieur du département du Rhône, où je n'ai pas poursuivi ses traces.

Limites du terrain silurien sur la rive droite de la Loire (Cartes n°s 87 et 86 de Cassini).

A son extrémité sud, en partant de la rive droite de la Loire, la lisière du terrain silurien se dirige de l'ouest vers l'est, depuis le port Garrel jusqu'à Néronde, et les couches plongent vers le nord sous le grès anthraxifère. A partir de Néronde, la bande silurienne se détourne un peu au nord-est pour passer au hameau de Montmin, commune de Sainte-Colombe, et plus loin au hameau des Georges, commune de Violay ; les couches schisteuses et calcaires inclinent alors tantôt au nord, tantôt au nord-ouest, mais toujours sous

la formation anthraxifère, tandis qu'elles reposent elles-mêmes sur le gneiss et les schistes argileux primitifs des environs de Panissière. Au delà de Violay, le terrain schisteux se dirige sur Affoux, passe au midi de Tarrare et se retrouve encore dans les *cornes vertes* de Chessy.

Au nord, la lisière silurienne reparaît aux environs de Montagny et de Thizy, et dans les vallées du Rhodon et de Trambouse. Les couches inclinent en général vers le sud ou le sud-ouest, et vont rejoindre, sans aucun doute, sous les grès anthraxifères, les schistes siluriens de la bande méridionale. Cette supposition, d'ailleurs bien naturelle, acquiert un grand degré de probabilité par le fait que les schistes et calcaires, par suite d'une dénudation postérieure, se montrent, sous le terrain anthraxifère, en un très-grand nombre de points dans la profonde vallée du Rhin aux environs de Regny et de Naconne.

Le terrain silurien n'a cependant éprouvé qu'un relèvement local le long de la crête de Montagny à Thizy, car au nord de cette ligne reparaît de nouveau le terrain supérieur, et ce n'est qu'en lambeaux isolés que l'étage moyen perce encore au jour.

Les deux formations s'enfoncent d'ailleurs au nord du département sous le lias, et à l'ouest, sous le terrain tertiaire de la plaine de Roanne.

Limites sur la rive gauche de la Loire (Cartes nos 87 et 52 de Cassini).

Si nous repartons du port Garrel, près de Saint-Georges-de-Baroilles, pour poursuivre le terrain silurien sur la rive gauche de la Loire, nous ne le retrouverons qu'auprès de Saint-Germain-Laval. Entre cette ville et la Loire, les sables tertiaires de la plaine du Forez dérobent les schistes à l'œil du géologue, et couvrent même le terrain an-

thraxifère jusqu'aux environs d'Amions. Depuis Saint-Germain-Laval on peut suivre la bande du terrain silurien, le long de la vallée de l'Aix, en traversant les communes de Grezolles, Luré, Juré, Saint-Romain-d'Urfé et Saint-Just en Chevalet. Mais cette lisière n'est point continue : le porphyre granitoïde a fracturé le terrain silurien et en a isolé les diverses parties.

On retrouve même des lambeaux du terrain silurien dans toute la vallée du Lignon, entre Boïn et le mont Urfé, lambeaux qui furent séparés de ceux de la vallée de l'Aix par les puissantes masses du porphyre granitoïde dont se composent presque exclusivement tous les coteaux compris entre les deux vallées parallèles. Au delà de Saint-Just en Chevalet, en continuant à remonter la vallée de l'Aix, on rencontre bien encore, avant d'atteindre le granite de la chaîne du Forez, quelques lambeaux du terrain de transition au milieu du porphyre quartzifère; mais ils me semblent plutôt devoir appartenir au terrain cambrien, et je les ai mentionnés plus haut.

Au nord de cette bande discontinue de schistes, grès et calcaires, s'étend le grès anthraxifère; toutefois, depuis les environs de Grezolles, dans la direction de Saint-Polgue et Dancé à Cordelles, les couches de l'étage moyen ont éprouvé un relèvement très-exactement dans le prolongement de celui que j'ai signalé sur la rive opposée de la Loire entre Regny, Montagny et Thizy. Sur les deux flancs de cette protubérance du terrain silurien s'appuient, en plongeant en sens inverse, d'abord des conglomérats, puis des grès feldspathiques du terrain anthraxifère. La cause qui a produit ce relèvement paraît donc avoir agi pos-

térieurement au dépôt du terrain supérieur.

Vers le nord du département, l'étage moyen n'est plus représenté que par quelques lambeaux isolés sur le flanc de la chaîne porphyrique des bois de la Madeleine. Le porphyre quartzifère, en traversant le grès anthraxifère, a ramené au jour quelques débris du terrain immédiatement inférieur.

Pour mieux faire connaître le terrain silurien et ses rapports avec l'étage supérieur, je vais maintenant décrire plus en détail les points les plus remarquables de cette lisière dont je viens d'esquisser et la position et le rôle.

Environs de Regny (Carte n°86 de Cassini).

J'ai déjà nommé Regny, dans la vallée du Rhin, comme l'un des points où le terrain silurien paraissait le plus à découvert; c'est donc ses environs que je vais citer en premier lieu. Si du pont de Regny on se dirige vers Saint-Symphorien, on ne tarde pas à rencontrer des deux côtés de la route, aux environs du hameau de la Gouthière, plusieurs carrières dans lesquelles on exploite du calcaire; et même, avant d'atteindre les anciennes carrières, on voit, sur le bord de la route récemment élargie, des couches régulièrement stratifiées, dont les unes sont calcaires, les autres schisteuses et arénacées. Depuis peu de temps, une nouvelle carrière a été ouverte dans cette localité. Les bancs calcaires sont séparés les uns des autres par des lits minces d'argile schisteuse, se délitant facilement à l'air. La puissance des bancs varie de quelques centimètres à 5 ou 6 décimètres. La roche est d'un bleu noirâtre à cassure esquilleuse, traversée par quelques veines assez rares de spath calcaire blanc; elle renferme des tiges nombreuses d'encrines indéterminables,

Bancs calcaires avec fossiles.

dont la matière organique a été remplacée par du carbonate de chaux lamelleux d'un gris clair.

J'ai trouvé dans ces diverses carrières plusieurs autres fossiles que M. Voltz a eu la bonté de déterminer ; ce sont :

Orthis, voisin de Striatella ;
Orthis nova species ;
Spirifer resupinatus? ou espèce voisine.
Terebratula? mal déterminée.
Syringopora ?
Et quelques coquilles spirées dont on ne voit que la coupe, peut-être Eomphale ?

Ces fossiles sont, pour la plupart, irrégulièrement distribués dans les bancs calcaires ; toutefois, on en rencontre quelquefois un certain nombre groupés à la séparation des bancs calcaires et schisteux, surtout dans la nouvelle carrière ; ce sont alors presque exclusivement les deux espèces d'orthis, qui d'ailleurs, après les encrines, sont le plus répandues dans ce terrain.

Ces fossiles, quoique peu nombreux, semblent cependant bien, par l'absence des productus et par l'abondance des orthis, caractériser le calcaire comme terrain silurien.

Le grès qui alterne avec le calcaire est gris verdâtre ; les grains qu'il renferme sont quartzeux, le ciment est de même nature que la matière argileuse des schistes. Dans le voisinage des bancs calcaires, les grès font quelquefois effervescence avec les acides. Au milieu des bancs de grès fins, on rencontre des poudingues, dont quelques noyaux sont de la grosseur d'une noisette, noyaux parmi lesquels on ne distingue pas uniquement du quartz blanc, mais aussi du quartz noir et

du grès quartzite lustré, débris du terrain cambrien.

La direction des couches est la même dans les trois carrières ; elle est orientée suivant hora 12, et les bancs calcaires plongent faiblement vers l'ouest hora 6.

D'après la disposition des lieux, il me paraît hors de doute que les couches exploitées dans les diverses carrières ne sont pas les mêmes, et que le calcaire alterne ainsi plusieurs fois avec les grès et les schistes.

Le poudingue de l'étage supérieur repose en stratification discordante sur les schistes siluriens.

En continuant maintenant à gravir, le long de la route de Regny à Saint-Symphorien, la crête qui sépare les vallées du Rhin et de l'Écorron, nous ne tarderons pas à rencontrer au-dessus du calcaire, d'abord des schistes verts tendres et friables, puis au-dessus, un conglomérat composé de schistes brisés, entremêlés de fragments calcaires et de débris du porphyre granitoïde. Les schistes semblent même, vers la partie inférieure du conglomérat, alterner à plusieurs reprises avec lui ; du moins de fortes masses schisteuses sont comme intercalées entre les bancs du conglomérat ; mais, vers la partie supérieure, le conglomérat se montre seul et passe au grès feldspathique de l'étage supérieur, qui forme tout le plateau de Lay et de Saint-Symphorien, et renferme des couches d'anthracite en divers points de la vallée de l'Écorron. La stratification des deux terrains n'étant pas très-nette dans cette localité, il n'est guère possible de décider si la superposition est parallèle ou transgressive.

(Fig. 9.)

Mais si du pont de Regny, déjà cité, on remonte le Rhin le long de la rive gauche, en suivant un petit chemin qui s'élève d'abord à mi-coteau du

flanc du vallon, on trouvera presque immédiatement du grès et une espèce de poudingue en couches bien réglées, dirigées suivant hora 4, et plongeant faiblement au sud-est (hora 10), en sens inverse de la pente du terrain; plus loin, en redescendant vers le Rhin (à un quart de lieue à peu près de Regny), apparaissent de nouveau le calcaire et les schistes inclinant visiblement vers l'ouest, sous les grès et poudingues de l'étage supérieur.

La direction de ces schistes est hora 12, la même que celle du calcaire exploité près du hameau de la Gouthière. La superposition est donc complétement transgressive; l'inclinaison des schistes est d'ailleurs plus forte que celle des couches de grès.

Le poudingue est à petits noyaux, mais on distingue très-bien les galets de quartzite, de grès argilo-quartzeux (silurien) et même de calcaire bleu.

Terrain silurien de la vallée du Rhin, en amont de Regny et en relation avec le terrain supérieur.

Les schistes siluriens, d'une teinte grise assez foncée, se montrent le long du Rhin jusqu'à environ 3 kilomètres en amont de Regny; mais ils ne dépassent jamais la mi-hauteur des coteaux qui bordent la vallée; le conglomérat et les grès anthraxifère couronnent les plateaux et descendent même dans la vallée du Rhin, non loin de sa jonction avec le Trembouze. Entre les hameaux de Bel-Air et de Paillasson (Fig. 10.); le conglomérat atteint une grande puissance, et se compose principalement de gros galets arrondis de grès quartzite lustré du terrain cambrien. Au delà de Paillasson, le conglomérat devient insensiblement plus fin et passe à un grès feldspathique blanc verdâtre, qui recèle de l'anthracite à 2 ou 3 mille mètres de là,

près du hameau de Vermoulin et de Corcomby.

Les couches plongent d'environ 15° au sud, et reposent également sur des schistes dont la stratification n'est pas bien nettement dessinée, mais ne semble pas fort différente de celle du conglomérat. La surface occupée par le conglomérat, perpendiculairement à la direction des couches, est au moins d'un kilomètre de largeur.

Terrain silurien de la vallée du Rhin, en aval de Regny.

Les mêmes relations se reproduisent en aval de Regny, sur la rive gauche du Rhin. Les schistes argileux vert-bleuâtres se montrent au jour le long de la rivière jusqu'aux environs de Pradines, et même çà et là des bancs calcaires, du moins en amont du hameau de Promodon; mais dès que l'on gravit les flancs des coteaux entre lesquels serpente le Rhin, on voit reposer sur les schistes, soit directement le grès anthraxifère ordinaire, soit un conglomérat à noyaux de quartzite, de calcaire, de schistes et de porphyre granitoïde, conglomérat qui passe alors insensiblement au grès. On peut observer le conglomérat aux fermes de la Garde et de Favre.

Rive droite du Rhin, carrières de Naconne. (Fig. 16.

Sur la rive droite du Rhin on exploite du calcaire non loin de Naconne, au-dessous du hameau de Delaire. La masse calcaire, divisée en plusieurs bancs d'une faible épaisseur, plonge de 30° à l'ouest; sa puissance totale n'est que de 3 à 4 mètres; le calcaire est recouvert par un grès grossier à noyaux de quartz blanc et noir et de quartzite, et repose sur un grès très-fin, noirâtre, contenant de petits grains blancs terreux. Le calcaire lui-même est criblé de ces mêmes grains, et passe insensiblement au grès. Il m'a été impossible d'y découvrir des fossiles. A 100 mètres à l'ouest de la carrière se montre un poudingue très-grossier,

dans lequel on trouve de nombreux galets calcaires, arénacés et schisteux du terrain silurien.

La superposition immédiate du poudingue sur le grès silurien ne peut être observée; une prairie cache le point de contact; mais le sens de la plongée ne peut laisser à cet égard aucun doute. La superposition est d'ailleurs transgressive, car le poudingue passe à un grès schisteux à grains fins, avec empreintes végétales, qui plonge décidément au nord.

Dans le bourg de Naconne même existent aussi quelques anciennes carrières de calcaire; et entre Naconne et Regny les tranchées d'une nouvelle route départementale font connaître plusieurs alternances de couches schisteuses et calcaires; le calcaire domine à Naconne; plus loin les schistes le remplacent complétement; enfin près de Regny le calcaire reparaît. Au milieu des schistes, qui ont toujours une teinte foncée, se montrent aussi quelques couches de grès verdâtre à grains fins.

Coupe observée au nord-est de Regny. (Fig. 17.)

Le coteau qui longe au nord-est de Regny la rive droite du Rhin va nous fournir un nouvel exemple des relations qui existent entre le terrain silurien et l'étage anthraxifère. Au pied occidental de ce coteau on rencontre du calcaire et du schiste en couches régulières; ce schiste, d'abord argileux et tendre, devient très-siliceux et dur à la limite supérieure du terrain; par-dessus vient un conglomérat extrêmement dur et tenace, dont les divers galets ont été fortement cimentés par la même matière siliceuse qui a pénétré les dernières assises des schistes. Les galets du conglomérat sont plus ou moins anguleux. On distingue parmi eux très-nettement les schistes et grès du terrain immédiatement inférieur et des fragments peu

roulés de porphyre granitoïde de la grosseur du poing. Au poudingue succède le grès feldspathique ordinaire contenant des couches d'anthracite qui furent exploitées il y a environ vingt ans. La direction des couches paraît être sensiblement la même dans les deux terrains.

Ce fut cette coupe, que j'eus occasion d'observer en 1837, qui me fit connaître pour la première fois bien clairement la position relative du terrain *calcaréo-schisteux* et du grès anthraxifère.

Coupe de Montagny, à Combres. (Fig. 15.)

Le grès de Regny se lie au terrain anthraxifère de Combres, où des travaux d'exploitation sont encore aujourd'hui en activité, et là aussi on voit clairement la superposition de l'étage supérieur sur le calcaire et le schiste de l'étage moyen.

En se dirigeant du bourg de Combres vers Montagny, on rencontre d'abord le grès feldspathique à grains fins jusqu'au pied du coteau de Combres, puis, dans un chemin creux qui monte vers Beluze, du grès rougeâtre plus quartzeux, alternant avec un conglomérat grossier, composé de galets arrondis de quartz blanc et noir, de divers grès et du calcaire bleu.

Vers le haut de la côte paraissent, sous le poudingue, les schistes et le calcaire bleu que l'on exploite à un kilomètre à l'est de Montagny pour les besoins de l'agriculture.

Coupe du hameau des Manteliers, à la ferme de Belair. (Fig. 11.)

Tout le coteau de Montagny et les bords du Rhodon jusqu'au château de Cerbué se composent de grès, schistes et calcaires, çà et là traversés par le porphyre quartzifère; et en divers points on peut observer le conglomérat anthraxifère reposant sur les couches de cet étage moyen.

L'un de ces points est représenté dans la *fig.* 11

par une coupe nord-sud, partant du hameau des Manteliers et se dirigeant sur la ferme de Belair; là, comme au coteau de Regny, les schistes sont siliceux et très-durs à la limite des deux terrains.

En suivant la route départementale de Roanne à Thizy, entre le château de Cerbué et Montagny, on rencontre une série de grès siluriens très-durs, quartzeux, d'un gris clair et des schistes verdâtres, les uns et les autres inférieurs au calcaire placé, dans toutes les coupes que nous venons de donner, à fort peu de distance du conglomérat de l'étage supérieur. Au delà de Montagny, la même route traverse des couches calcaires nombreuses alternant avec des grès gris foncé, verdâtres, tout à fait semblables à ceux qui enveloppent les bancs calcaires dans les carrières de Regny. Les couches sont dirigées en moyenne sur hora 7, et plongent faiblement au sud. La puissance des bancs calcaires varie entre 20 et 40 centimètres; ils sont séparés les uns des autres par quelques lits minces de schistes friables très-argileux. Le même terrain, plus ou moins disloqué par des filons et des buttes de porphyre rouge quartzifère, se prolonge jusqu'à Thizy, où l'on exploite le calcaire dans diverses carrières. Le schiste n'a pas, en général, éprouvé d'altération bien prononcée au contact des filons porphyriques, cependant, dans l'une des carrières de Thizy, on voit le calcaire, au contact immédiat du porphyre, imprégné de petits cristaux rougeâtres de feldspath, mais seulement jusqu'à une distance de 10 ou 15 centimètres de la roche ignée. Les fossiles sont très-rares dans les carrières de Thizy.

Fig. 2. 3, 4.

Passons à la lisière méridionale du bassin an-

thraxifère entre Balbigny et Affoux; nous y retrouverons les mêmes dispositions.

Plan incliné de Biesse, près de Balbigny. (Fig. 5.) Carte de Cassini, nº 87.

Ainsi, dans les tranchées du chemin de fer de Roanne, le long du plan incliné qui conduit au plateau de Biesse, on voit des argiles schisteuses d'un vert bleuâtre plonger, avec une inclinaison d'environ 50°, vers le nord, sous les grès anthraxifères de ce plateau. Ces grès eux-mêmes inclinent faiblement vers le sud-sud-ouest, et reposent par conséquent en stratification tout à fait discordante sur les schistes siluriens. Les deux terrains sont au reste traversés et bouleversés dans cette localité par de nombreux filons de porphyre quartzifère.

Calcaire silurien de Néronde.

A Néronde on exploite du calcaire bleu, intercalé au milieu des schistes. Il est divisé en bancs peu puissants, fréquemment séparés les uns des autres par des lits d'argile schisteuse. Il plonge fortement vers le nord-ouest (hora 10 à 11). Les seuls fossiles que j'aie pu y découvrir sont les tiges d'encrines. Dans cette localité aussi le terrain silurien est fortement tourmenté par des masses de porphyre quartzifère.

Au delà de Néronde, en se dirigeant vers Sainte-Colombe, on retrouve à la base du terrain supérieur un conglomérat, et en quelques points, entre autres près de la ferme de Bénichon, immédiatement sous ce conglomérat, des schistes argilo-siliceux analogues à ceux que j'ai signalés près de Regny dans une position identique.

Coupe de Montmin. (Fig. 12.)

Une coupe bien nette, qui ne peut laisser aucun doute sur la position relative des deux étages, se montre sur le chemin de Sainte-Colombe à Sainte-Agathe par Montmin. Les environs du bourg de Sainte-Colombe sont occupés par le grès anthraxifère et par des filons de porphyre. En avançant vers

Sainte-Agathe, on voit les grès passer au conglomérat, et dans la gorge du Bernand, au hameau de la Chaux, paraissent, sous le conglomérat, les schistes siluriens en stratification sensiblement parallèle. Ils plongent sous un angle peu considérable du sud au nord. Les schistes siluriens sont dirigés suivant hora 8; le conglomérat anthraxifère, hora 6 ½ à 7.

Un propriétaire de la localité a creusé au milieu des schistes un puits de recherches jusqu'à la profondeur de 25 mètres. Il a rencontré des filets de pyrite et du spath calcaire, mais pas la moindre trace d'anthracite, comme on pouvait s'y attendre, les fouilles ayant été faites dans les couches inférieures au terrain anthraxifère.

Au versant opposé de la gorge du Bernand se rencontre du grès silurien, passant insensiblement à un conglomérat appartenant également au terrain silurien; enfin, au delà de la crête, sous les ruines du château de Montsellié, viennent de nouveau des schistes siluriens argileux.

Filon d'antimoine sulfuré dans le terrain silurien.

Au milieu de ces schistes se trouvent quelques bancs calcaires, et à côté de la carrière on exploite du sulfure d'antimoine, qui fut découvert, il y a une vingtaine d'années, par les travaux mêmes de la carrière de pierre à chaux. L'antimoine traverse en filon le schiste et le calcaire. Outre l'antimoine sulfuré ordinaire, le filon renferme encore de l'oxyde pulvérulent blanc, et de l'oxy-sulfure rouge. Non loin de là paraissent plusieurs filons de porphyre rouge quartzifère.

Les schistes siluriens de Montsellié reposent sur des schistes verdâtres cristallins et feldspathiques qui passent insensiblement au gneiss des environs de Sainte-Agathe et de Panissière.

Le terrain *cambrien* ne paraît pas exister en ce point sous la formation silurienne.

Environs de Souternon. (Carte 87 de Cassini.)

Citons enfin un exemple pris sur la rive gauche de la Loire. Nous avons vu plus haut que les couches du terrain silurien ont éprouvé un relèvement dans la direction de Grézolles à Saint-Polgue et Dancé, et ne sont point recouvertes par les grès anthraxifères. Elles sont particulièrement développées entre Saint-Polgue, Souternon et Saint-Germain-Laval.

Les grès et les schistes alternent plusieurs fois en couches assez régulières, dont la plongée est faible, mais la direction très-variable.

Les schistes friables et terreux se décomposent facilement au contact de l'air; leur couleur ordinaire est le gris-vert plus ou moins foncé. Les grès sont tantôt d'un vert bleuâtre foncé, et alors d'une grande dureté; tantôt d'un vert olive, et dans ce cas plus généralement peu consistants.

Le calcaire ne paraît exister que sur deux points: au-dessus de Saint-Germain-Laval et au hameau de Lucé (commune de Cremeaux).

Calcaire de St-Germain-Laval.

Dans la première localité on exploite un banc calcaire, de 4 à 5 mètres de puissance, intercalé entre des schistes au mur, et des grès au toit. Il incline d'environ 60° au sud-sud-est. Le calcaire est gris bleuâtre, criblé de tiges d'encrines, et répandant une odeur fétide par la percussion. On y trouve en outre quelques térébratules. Les encrines existent aussi dans les schistes voisins du calcaire.

Coupe de la côte du Minet. (Fig. 13.)

Les rapports entre les deux étages du terrain silurien peuvent être observés en divers points, mais l'étude en est surtout facile dans une gorge qui descend des environs de Dancé vers le hameau

du Minet, dans le vallon de l'Ysable. Au bas de cette gorge on rencontre un schiste argileux friable vert, alternant avec un grès terreux un peu feldspathique et micacé; par-dessus vient un conglomérat contenant des galets de schistes, de quartz blanc et noir, et des fragments roulés de grès siluriens et cambriens et d'eurite compacte blanche. Ce conglomérat, dont la pâte argileuse est de couleur olive, passe peu à peu à un grès feldspathique friable d'une teinte jaunâtre. Le grès s'étend jusqu'à Dancé et Amions, et renferme des couches d'anthracite au hameau La Bruyère (commune d'Amions).

Les deux terrains ont été soulevés simultanément par une masse de porphyre rouge quartzifère qui paraît au jour, sous les schistes, près du hameau du Minet.

En quelques points il semble y avoir passage insensible du terrain silurien au terrain anthraxifère.

Dans les diverses localités que nous venons de citer, il y a *passage plus ou moins brusque de l'étage silurien inférieur à l'étage supérieur*; il n'y a pas toujours, il est vrai, discordance de stratification évidente, mais les deux étages sont du moins séparés par un conglomérat qui signale l'existence d'un bouleversement ou d'un cataclysme plus ou moins violent occasionné par l'apparition du porphyre granitoïde. Mais il existe quelques autres points où le passage d'un étage à l'autre semble plus insensible, comme, entre autres, à la montague d'Urfé.

Montagne d'Urfé.

Urfé, près de Saint-Just en Chevalet, est un site très-intéressant sous le rapport géologique. Si l'on part du pied méridional de la montagne pour se rendre au château d'Urfé par le hameau d'Urval, on rencontre d'abord des masses de porphyre granitoïde; au-dessus d'Urval apparaissent çà et

là des schistes argileux gris bleuâtre, enclavés au milieu des porphyres; les premiers ne semblent avoir éprouvé aucune altération; mais à mesure que l'on approche du sommet de la montagne, on voit les schistes affecter insensiblement une structure ondulée et une cassure plus cristalline, et leur dureté devient plus grande. La cime, auprès des ruines du château, est un dôme de porphyre granitoïde; mais plus à l'est, auprès du hameau d'Urfé, le sol est formé par des couches puissantes d'une roche schisteuse, homogène, extrêmement dure et tenace, à cassure esquilleuse et donnant un son très-clair sous le marteau; sa couleur est le vert foncé ou le vert passant au violet sombre. La roche est traversée par un grand nombre de petites veinules d'un vert pomme plus clair et tapissées d'un enduit très-mince de pyrites de fer. A la loupe, on distingue même au milieu de la roche de très-petits grains épars de pyrites.

Les schistes ne renferment ni cristaux d'amphibole ni cristaux de feldspath. Ils appartiennent encore, sans aucun doute, à la formation silurienne proprement dite, mais furent très-probablement modifiés après coup par quelque influence ignée. Je désignerai par la suite quelquefois cette roche par le nom de *trapp* (1).

Si l'on redescend maintenant de la cime du mont Urfé vers le nord, dans la direction de Saint-Just en Chevalet, on voit la roche (le trapp) perdre toute tendance à la schistosité, se charger insensiblement de grains feldspathiques blancs, et plus tard de paillettes de mica; enfin, sur les bords

(1) C'est la roche que les mineurs de Chessy appellent *Corne-Verte*.

de l'Aix, près du château de Contenson, les grains feldspathiques sont accompagnés de fragments nombreux de schistes siluriens; or ce conglomérat, auquel les schistes arrivent par des passages insensibles, appartient évidemment au terrain anthraxifère. Ces diverses roches, comme le trapp proprement dit du sommet d'Urfé, sont extrêmement dures et tenaces, et ont dû être modifiées également par une action ignée prolongée et intense; souvent ils ressemblent bien plus à certains porphyres verts qu'à une roche arénacée, mais la présence des galets dans le conglomérat ne peut laisser aucun doute sur sa véritable nature. En décrivant d'ailleurs plus bas les diverses variétés de grès anthraxifère, j'insisterai plus longuement sur les modifications qu'il a éprouvées dans un grand nombre de cas postérieurement à sa formation. Quant à présent, j'ai voulu faire connaître seulement la liaison plus intime qui semble exister dans cette localité entre les deux étages du terrain silurien. Il ne faut pas oublier toutefois que là même un conglomérat se trouve, sinon à la base immédiate, du moins à la partie inférieure du terrain anthraxifère. On doit se rappeler ici que sur la rive droite de la Loire, à Regny, Néronde, etc., on rencontre aussi sous le conglomérat anthraxifère des schistes siluriens très-durs et siliceux, qui ne paraissent cependant pas avoir été exposés à une action ignée comme les trapps d'Urfé.

Environs de la Chambodie; partie supérieure de la vallée de l'Aix.

Dans la partie supérieure de la vallée de l'Aix, entre les hameaux de la Chambodie et de Ranvel, on rencontre, des deux côtés de la rivière, au milieu du porphyre quartzifère, des bancs de trapp assez analogues à ceux du mont Urfé. Ce sont des roches très-dures, verdâtres, en masses puissantes légère-

ment schisteuses, passant déjà aux grès par l'abondance plus ou moins grande de grains feldspathiques Les hauteurs au-dessus de Banchet et de Rotava offrent ces roches directement superposées sur les grès et les schistes siluriens; preuve évidente que les trapps correspondent bien à la fin de la période *silurienne* et à l'origne du *dépôt anthraxifère.* Quelques échantillons de trapps renferment de petits cristaux d'amphibole.

Environs de Souternon; schistes à grands cristaux d'amphibole.

Entre Saint-Polgue et Souternon, à une faible distance au-dessus du pont de l'Ysable, sur la route de Roanne à Montbrison, on voit des schistes et des grès de la formation silurienne plonger sous le grès anthraxifère cristallin de la crête de Goualle. Sur le revers opposé de la crête, le grès, toujours très-dur et d'apparence porphyrique, alterne avec un schiste verdâtre amphibolique; circonstance qui tend à prouver que dans cette localité le passage de la formation silurienne à la formation anthraxifère s'est opéré également d'une manière peu violente. Cette alternance peut surtout être bien observée entre le hameau de Lucé et celui de Solombay. Quelques bancs schisteux renferment des cristaux d'amphibole de plusieurs millimètres de largeur; j'ai rencontré les plus beaux échantillons au fond du vallon de Lucé, non loin du hameau de Solombay. Je n'ai pas retrouvé ailleurs, dans le département, des schistes de même nature.

3° *Porphyres et terrain anthraxifère.*

L'étage *silurien supérieur*, ou le terrain anthraxifère, dont je devrais parler maintenant, est presque exclusivement formé des débris d'un *porphyre granitoïde* sorti du sein de la terre *avant*

et très-probablement aussi *pendant* le dépôt même de ce terrain. Il me paraît donc indispensable de faire connaître d'abord ce porphyre.

Circonstances qui rendent difficile la distinction des deux espèces de porphyre et du grès anthraxifère.

Mais je dois avouer ici mon embarras : outre les porphyres granitoïdes, qui sont *antérieurs* au terrain anthraxifère et peut-être en partie *contemporains*, il existe une autre classe de roches pyrogènes, les *porphyres quartzifères*, sortis du sein de la terre *postérieurement* aux terrains de transition. On les distingue en général facilement l'un de l'autre; néanmoins quelques-unes de leurs nombreuses variétés se rapprochent beaucoup, et leurs relations avec les terrains de sédiment sont quelquefois si peu nettes, que l'on est bien exposé à les confondre.

S'il était démontré, ce qui toutefois me paraît très-douteux, par des raisons que j'exposerai plus bas, que le porphyre quartzifère est sorti du sein de la terre immédiatement après le dépôt du terrain anthraxifère, il ne serait pas impossible que les éruptions des deux classes de roches ignées se fussent succédé sans interruption proprement dite, et alors il n'y aurait pas lieu de s'étonner de cette confusion; mais tout porte, au contraire, à ne placer l'apparition du porphyre quartzifère qu'après le dépôt du terrain houiller.

Une circonstance qui tend à jeter encore plus de confusion dans l'étude de ces roches, c'est la ressemblance du granite proprement dit avec certaines variétés du porphyre ancien. J'ai voulu rappeler cette communauté de caractères par le terme de *granitoïde* joint au mot de porphyre.

Une autre difficulté naît enfin de la similitude frappante entre les porphyres granitoïdes et les *grès anthraxifères*, qui sont à ces porphyres ce

que les roches appelées autrefois *granites recomposés* sont au granite proprement dit. L'analogie est d'autant plus frappante que ces grès paraissent avoir éprouvé en divers points, postérieurement à leur dépôt, une sorte de demi-fusion.

Essayons maintenant de caractériser, d'abord d'une manière générale, puis par des exemples tirés de divers points du département, les deux classes de porphyre et le grès anthraxifère que nous venons de nommer.

(*a*) *Porphyre granitoïde*

Le *porphyre granitoïde* est une roche éminemment feldspathique d'une structure généralement cristalline plutôt que terreuse. On n'y découvre aucune pâte proprement dite; le feldspath, rarement développé en cristaux bien nets, se présente sous forme de petites masses lamelleuses se croisant dans tous les sens. Le mica est abondamment répandu dans toute la roche en paillettes très-petites et peu nettes, le plus souvent d'un éclat terne. Le quartz, fort rare dans ce porphyre, paraît quelquefois manquer complétement, et se trouve, dans tous les cas, disséminé au milieu de la roche en très-petits grains, qui ne semblent affecter aucune forme cristalline régulière. La couleur de la roche dépend de celle du feldspath; elle varie généralement entre le blanc et le blanc grisâtre, plus rarement elle est rose ou d'un jaune verdâtre. Lorsque des cristaux de feldspath se dessinent d'une manière plus nette au milieu de la masse générale, ils sont en général d'une teinte un peu plus claire. Le dureté de ce porphyre surpasse, en général, celle du granite ordinaire du département de la Loire; il s'égrène aussi moins

facilement; par contre, traversé par des fentes nombreuses, il ne peut être employé comme pierre de taille. Le porphyre granitoïde ne diffère donc du granite, sous le rapport minéralogique, que par l'abondance du feldspath et par la rareté du quartz. Il constitue, en général, des crêtes larges, arrondies, sans escarpements et d'une faible hauteur. Il a bouleversé le terrain silurien proprement dit, mais non le grès anthraxifère. (Fig. 8.)

(*b*) *Porphyre quartzifère.*

Le *porphyre quartzifère* est caractérisé par une pâte bien prononcée, quelquefois terreuse, plus souvent compacte et dure. Au milieu de cette pâte se dessinent des cristaux de feldspath très-nets, fréquemment de dimensions considérables. Ils sont généralement éclatants, éminemment lamelleux, d'une nuance toujours plus claire que celle de la pâte et fréquemment hémitropes. On distingue en outre dans la pâte des cristaux bipyramidés de quartz de la grandeur moyenne d'un pois. Le nombre de ces cristaux dodécaédriques surpasse celui des petits grains quartzeux du porphyre granitoïde. Le mica est rare et très-souvent il manque complétement. Mais ce qui distingue encore plus nettement cette roche du granite et du porphyre granitoïde, c'est la présence presque constante d'une matière jaune, verdâtre, tendre, répandue en petites masses amorphes au milieu de la pâte du porphyre quartzifère. Ces nodules n'affectent aucune forme régulière; ils sont ordinairement allongés dans un sens, et cette plus grande dimension varie de 5 à 15 millimètres. La substance a l'éclat et la cassure esquilleuse de la cire jaune; elle se laisse rayer par

la pointe d'acier, se coupe même au couteau, mais ne se détache que fort difficilement en entier de la pâte des porphyres non décomposés. Par contre on la sépare facilement des porphyres en décomposition, et alors elle est si tendre qu'il est possible de l'écraser entre les doigts. Ainsi réduite en poussière elle est onctueuse au toucher, ne fait pas pâte avec l'eau. Elle n'est pas dissoute par l'acide chlorhydrique bouillant; la dissolution ne renferme que des traces d'alumine. Par la calcination elle ne fournit que très-peu d'eau, probablement seulement de l'eau hygrométrique. Cette matière paraît être de la *pinite* amorphe ou un silicate d'alumine. Ces nodules n'existent ni dans le granite, ni dans le porphyre granitoïde de notre département, tandis qu'ils manquent rarement dans les porphyres quartzifères.

La couleur de la pâte porphyrique est ordinairement le rosé ou le rouge, mais les variétés à pâte blanche, grise et même noire, ne sont pas rares; et ces diverses variétés passent insensiblement les unes aux autres. Les cristaux de feldspath sont blancs ou rosés; le mica vert ou brun foncé, toujours terne; peut-être même faut-il ranger les petits feuillets un peu contournés que j'appelle mica plutôt parmi la classe des matières talqueuses et stéaschisteuses. Plusieurs variétés de ces porphyres pourraient être exploitées en blocs de très-grande dimension et travaillées pour ornements.

Le porphyre quartzifère se présente en filons isolés, en buttes coniques, ou enfin en crêtes hautes, peu larges, à pentes raides offrant çà et là quelques escarpements. Il a traversé et bouleversé non-seulement le terrain silurien, mais

encore le grès anthraxifère. Voyez *fig.* 2, 3, 4, 5, 6, 7.

D'après ces caractères il serait presque impossible de confondre le porphyre quartzifère avec le porphyre granitoïde; mais il arrive parfois que la pâte du premier est moins nette, d'une structure plutôt cristalline que compacte, que le mica devient plus abondant, et que la matière tendre, jaune verdâtre manque ou est fort rare. Alors il peut y avoir doute, et les relations géologiques ne suffisent pas toujours pour lever toute incertitude. Mais en général il est encore plus facile de distinguer les porphyres entre eux que de les distinguer de certains grès anthraxifères modifiés.

(c) *Terrain silurien anthraxifère.*

Conglomérat. A la base du terrain silurien anthraxifère, ainsi que nous l'avons déjà dit ci-dessus, on rencontre un conglomérat formé par des fragments généralement peu roulés de schistes, de calcaires siluriens et de porphyre granitoïde; on y trouve aussi de nombreux galets de grès quartzite et de quartz lydien du terrain cambrien.

Les galets de grès cambrien prédominent même quelquefois. Le ciment du conglomérat est généralement un grès fin d'une teinte verdâtre plus ou moins foncée. Les schistes et grès des formations inférieures semblent avoir fourni les éléments de ce ciment.

Grès feldspathique. Le conglomérat passe à un grès plus fin, qui est friable partout où il est depuis longtemps exposé à l'air, mais fort dur et résistant à deux ou trois mètres sous la surface du sol. Le grès est principalement caractérisé par des noyaux angu-

leux très-nombreux de feldspath lamelleux qui lui communiquent une grande ressemblance avec certains porphyres. Les grains affectent cependant des contours très-irréguliers, et non les sections rectangulaires des cristaux de feldspath dans les porphyres. Les noyaux feldspathiques sont d'un blanc transparent dans les cassures fraîches, d'un blanc opaque et laiteux dans les surfaces déjà altérées par le contact de l'air. Les grains quartzeux sont très-rares, ce qui ne doit pas étonner puisque le porphyre, des débris duquel ce grès est principalement formé, contient lui-même très-peu de quartz. La pâte ou le ciment du grès est une masse terreuse très-fine, le plus souvent d'une teinte verte foncée ou noire; elle paraît de même origine et de même nature que la matière dont se composent les schistes bleu-verdâtre de l'étage silurien inférieur; elle semble même en partie provenir de la destruction partielle de ces roches, car en divers points les grès sont criblés de petits fragments schisteux qui se lient intimement avec la pâte elle-même. Ces grès, généralement d'une couleur foncée, prennent quelquefois une teinte encore plus obscure par la présence de très-nombreuses paillettes de mica d'un brun verdâtre. Elles affectent dans un grand nombre de cas une forme parfaitement *hexagonale*, ce que l'on ne peut expliquer dans un grès que par la supposition qu'il a été sinon refondu, au moins fortement échauffé.

Grès modifié au point de ressembler à un porphyre vert.

La cause de cette demi-fusion doit être cherchée ou dans la chaleur centrale de la terre, ou plus particulièrement dans la haute température des coulées porphyriques sur lesquelles les grès se sont déposés, ou bien dans l'action des porphyres

quartzifères, sortis du sein de la terre après le dépôt du grès, ou enfin très-probablement dans ces diverses circonstances réunies. Cette température élevée a transformé une partie des grès anthraxifères en roches tellement dures, compactes et cristallines, et a si complétement fait disparaître tout indice de stratification, en y substituant même une division pseudo-régulière en colonnes prismatiques, que je les considérais pendant fort longtemps comme des *porphyres verts*. Au reste, je n'étais pas seul de mon opinion : plusieurs géologues les ont décrits sous le nom de porphyres, entre autres M. Héricart de Thury, comme *mélaphyres et porphyres verts*, dans sa notice géologique sur les mines de Fragny (*Ann.*, 3e série, tome 12, pag. 47) : M. *Rozet*, comme *diorites*, dans un mémoire inséré dans le Bulletin de la société géologique : M. Dufresnoy, l'une de ses variétés, comme *granite à très-petits grains*, dans ses Considérations sur le plateau central de la France (Description géologique de la France, tom. I, pag. 257).

Je les désignais comme porphyres dans les journaux de mes courses géologiques de 1836 et 1837, et ce ne fut qu'en 1838 qu'une étude plus complète de ce terrain m'a amené à les reconnaître comme des grès plus ou moins modifiés. Voici, par exemple, un passage de mon journal de 1836. « Le porphyre vert de Bully se décom» pose assez facilement, et ne peut alors que très» difficilement se distinguer du grès (anthraxi» fère); ils ont en effet la même structure, la » même couleur et les mêmes grains opaques de » feldspath. » Je cite ce passage pour prouver que je n'ai pas étudié ce terrain, préoccupé par un

système géologique arrêté par avance, système qui a toujours une influence plus ou moins grande sur le résultat final des observations même les plus consciencieuses.

On voit aussi, par cette citation, que dès mes premières courses géologiques j'avais reconnu la difficulté de tracer une limite bien tranchée entre le grès *non modifié* et le grès devenu cristallin et dur, grès que j'appelais alors porphyre vert.

Les détails dans lesquels j'entrerai plus bas, et les exemples que je citerai, suffiront, je le pense, pour établir pleinement la justesse de mon opinion actuelle, opposée à celle de plusieurs géologues distingués, qui fut aussi la mienne dans l'origine.

Le grès, qui est gris verdâtre et très-résistant quand il n'est pas altéré, devient, au contact de l'air, terreux, friable et d'un brun jaunâtre, sans doute par suite de la suroxydation qu'éprouve le protoxyde de fer. Dans la partie supérieure le grès est fréquemment rougeâtre, mais toujours fortement micacé. Certaines variétés moins micacées ressemblent complétement aux porphyres rouges terreux; il est même probable que l'on a souvent confondu ces deux classes de roches d'origine si différente (1).

---

(1) Je me rappelle à cette occasion que M. Breithaupt me citait un jour, à Freyberg, pour soutenir la théorie wernerienne de l'origine aqueuse des porphyres, une couche d'anthracite exploitée à Schönfeld (entre Freyberg et Altenberg), intercalée entre deux bancs parallèles de porphyre. La carte minéralogique de l'Erzgebirge, par M. Héron de Villefosse, représente également cette couche au milieu du porphyre. Ce prétendu porphyre ne serait-il pas plutôt un grès anthraxifère plus ou moins modifié?

Schiste feldspathique au milieu du grès.

Dans les parties du terrain où se trouvent des couches d'anthracite, le grès ordinaire alterne avec quelques bancs très-minces d'un grès fin schisteux, jaunâtre, ou des schistes proprement dits, formés des débris les plus fins du porphyre. L'émail blanc que ces roches donnent au chalumeau atteste suffisamment leur origine. On rencontre de ces schistes, avec empreintes de tiges végétales, près de Neullize et à Naconne.

Les couches d'anthracite sont généralement enveloppées au toit et au mur par quelques bancs minces de schistes très-fins, qui sont généralement plus durs et d'une teinte plus claire que les schistes siluriens proprement dits; ils sont d'ailleurs feldspathiques, et quelquefois même partiellement porcelanisés, nouvelle preuve de l'influence ignée que ce terrain a dû éprouver.

Le combustible minéral est un véritable anthracite.

Le combustible est un véritable anthracite contenant peu de matières volatiles. Sa pureté est très-variable selon les localités. Les couches sont peu régulières, sujettes à de fréquents rejettements, et les travaux entrepris jusqu'à ce jour d'une faible importance.

Le grès anthraxifère repose en stratification transgressive sur les schistes siluriens. (Fig. 9 et 16.)

La stratification du grès anthraxifère est rarement bien prononcée à la base du terrain; elle est plus distincte à la partie supérieure, où se trouvent généralement les couches d'anthracite. Lorsque les bancs se dessinent nettement, on reconnaît qu'ils reposent ordinairement en stratification transgressive sur les couches calcaires et schisteuses de la formation silurienne; néanmoins il est des localités, entre autres le mont Urfé que nous avons déjà cité, où non-seulement il semble y avoir parallélisme dans la stratification, mais encore passage d'une formation à l'autre. Les

schistes perdent insensiblement leur schistosité, se présentent en couches plus puissantes, et, en se chargeant de grains feldspathiques, passent aux grès anthraxifères qui eux-mêmes alternent ensuite avec un conglomérat.

Passons à quelques exemples.

Le porphyre granitoïde occupe le plateau accidenté qui sépare les deux vallées parallèles de l'Aix et du Lignon.

Le *porphyre granitoïde* est particulièrement développé entre les vallées du Lignon et de l'Aix aux environs de Boën, l'Hôpital et Saint-Martin-la-Sauveté.

Entre Trélin et Boën, la route départementale qui conduit à Montbrison est bordée à l'ouest par un escarpement de roches porphyriques; la masse principale se compose de porphyre granitoïde, roche formée par des lamelles de feldspath opaque, qui se croisent en tous sens, et entremêlées de feuillets de mica d'un vert terne. Le quartz, si même il existe, est fort rare et en grains très-petits. Le feldspath est nuancé de blanc, jaune, rosé et rouge, et souvent le même échantillon offre ces diverses teintes réunies. L'escarpement est traversé par des filons de porphyre quartzifère que l'on reconnaît facilement à leur pâte, aux nodules de la substance tendre, jaune (pinite?) et à la rareté ou à l'absence complète du mica. L'un de ces filons est criblé de très-petits cristaux de pyrites de fer.

Position relative du porphyre granitoïde des schistes siluriens et du grès anthraxifère à Leigneux.

Le porphyre granitoïde se prolonge le long du Lignon jusqu'à Leigneux, et en continuant vers Sail-sous-Couzan, on peut observer des masses de schiste de transition enclavées au milieu de ces porphyres : ce sont des grès fins schisteux, verdâtres, amphiboliques, d'une dureté moyenne, et traversés par des veinules de spath calcaire. Ils sont redressés à peu près verticalement par le por-

phyre. Au sommet du coteau de Leigneux, paraît un lambeau du terrain anthraxifère, dans lequel on a fait quelques recherches sans succès. Ni le porphyre granitoïde, ni les schistes de transition ne pénètrent au milieu des couches anthraxifères, qui reposent au contraire sur les schistes siluriens en stratification tout à fait discordante.

Sur le versant opposé de la vallée, non loin du hameau de Cremaire, on retrouve encore les mêmes schistes au milieu du porphyre granitoïde; au contact ils sont altérés au point de ressembler à certains gneiss.

Route royale de Lyon à Clermont, entre Boën et St-Thurin. Diverses variétés du porphyre granitoïde.

On peut faire une étude complète des diverses variétés de porphyre granitoïde en suivant, depuis Boën à Saint-Thurin, la route royale de Lyon à Clermont. A Boën et immédiatement au-dessous les porphyres sont identiques avec ceux de l'escarpement de Trélin. Les variétés rouges et roses de feldspath prédominent. Plus loin, en face du hameau l'Argentière, le porphyre est d'un gris très-clair, tirant un peu sur le vert. C'est une masse feldspathique faiblement lamelleuse, criblée de mica en feuillets très-peu nets; le quartz est moins rare.

Filons d'une roche dioritique dans le porphyre granitoïde.

En face de Leigneux la roche se couvre, sur toutes les faces de cassure, de parties stéatiteuses d'un vert tendre; en même temps quelques filons d'une masse amphibolique verte, compacte, traversent en divers sens les escarpements porphyriques. Ils sont réguliers et ont de $0^m,50$ à 1 mètre de puissance. A la loupe on distingue dans cette substance verte de petits cristaux de feldspath et du quartz, peu de mica. Elle me paraît appartenir à la classe des roches pyrogènes *dio-*

ritiques, et ne doit pas être confondue avec les schistes verts amphiboliques, ni avec les grès anthraxifères d'apparence porphyrique, qui sont d'origine aqueuse, mais modifiés après coup par une action ignée.

En face de l'Hôpital, le porphyre reprend les caractères de celui de Boën avec les colorations roses et rouges, mais il est généralement moins dur. Un peu plus haut apparaissent au milieu du porphyre, d'abord des masses isolées, puis des lambeaux plus considérables de schistes de transition analogues à ceux de Leigneux. A chaque pas on a sous les yeux la preuve de la postériorité de cette roche ignée. Les schistes appartenant aux lambeaux d'une certaine étendue n'ont éprouvé qu'une faible altération ; ils sont fragiles, terreux, d'un vert clair et tout au plus un peu ondulés, tandis que les schistes enclavés au milieu du porphyre sont durs, cristallins, d'un vert foncé, offrant des traces de fibres amphiboliques et quelquefois des veinules de spath calcaire. (Fig. 8.)

Calcaire silurien de la Soulagette.

Au hameau de la Soulagette, on exploite du calcaire bleu au milieu des schistes siluriens ; les couches ont été bouleversées tout à la fois par le porphyre granitoïde et par un puissant filon de porphyre rouge quartzifère.

Filons métallifères dans le porphyre granitoïde de St-Thurin.

A Saint-Thurin et jusqu'au lieu appelé les *Ruines*, le porphyre est de nouveau blanc et analogue à celui d'Argentière, toujours çà et là interrompu par des masses plus ou moins tourmentées de schistes argileux, et traversé par de nombreux filons de pyrites de fer, de misspikel et même de galène non argentifère. Remarquons en passant que ces filons se trouvent dans le voisi-

nage d'une puissante masse de porphyre quartzifère.

Ligne des points de contact du granite et du porphyre.

Près des ruines succède au porphyre le granite à gros grains et à mica brun brillant des montagnes du Forez. Avec le porphyre disparaît aussi le schiste argileux. J'ai consacré plusieurs jours à la détermination exacte de la ligne de séparation du granite et du porphyre, et à l'étude de diverses circonstances de gisement le long des points de contact. Depuis Marcilly, ou plus exactement depuis le hameau de Gotteret, où toutes les formations anciennes se perdent sous les sables tertiaires, le granite et les terrains de transition et porphyriques se rencontrent le long d'une ligne droite un peu ondulée, qui s'étend jusqu'à Saint-Priest-la-Prugne, en suivant constamment le pied de la grande chaîne granitique du Forez. Je vais entrer dans quelques détails sur les faits observés.

Filons de quartz agate au contact du porphyre et du granite de St-Priest-la-Prugne (Carte n° 52 de Cassini).

A mille mètres de Saint-Priest-la-Prugne, au hameau du Coin, et sur la lisière des bois du Puy-Montoncelle, on rencontre des filons de quartz-agate interposés précisément entre le granite et les roches porphyriques. Le porphyre peu caractérisé me paraît appartenir plutôt à la classe des porphyres quartzifères. Une gorge ou dépression dans le sol correspond au contact des deux roches. Cette gorge passe auprès du hameau de Moulette et s'élève vers la maison Tardi, où se trouve un petit col. Là un autre vallon nous conduit jusqu'au hameau de Montat, où de nouveaux filons quartzeux paraissent au contact des deux terrains et pénètrent du porphyre quartzifère dans le granite. Entre Montat et Empure la ligne de contact coupe un petit contre-fort de la chaîne centrale, puis suit une nouvelle gorge pour

passer au moulin de la Lunie. Un peu plus loin la limite des deux terrains traverse le col qui unit deux buttes coniques situées auprès du hameau de Roure. Le sommet occidental est granitique; la butte orientale se compose de trapp vert, contenant déjà quelques grains feldspathiques, et traversé par des filons de porphyre quartzifère. Au col se rattache un ravin le long duquel se joignent les deux terrains. Un vallon s'étend ensuite à un quart de lieue dans le prolongement de la gorge; il est très-peu large et bordé des deux côtés par des escarpements; à l'ouest ils sont granitiques, et à l'est porphyriques. Près de la limite entre les hameaux de Roure et de la Gardette, le granite est sillonné par un grand nombre de filons de quartz-agate. A une petite distance de la route départementale de Roanne à Clermont, la ligne de séparation quitte le fond du vallon pour longer le pied occidental de la butte de Cassefroid. Une tranchée fraîche, faite pour le service de la route, a mis le contact des deux terrains à nu. Au granite succède d'abord un porphyre très-quartzeux, puis un hornstein rouge, enfin du quartz; plus loin on retrouve le porphyre proprement dit. De là, en suivant toujours les points de contact des deux terrains, on arrive au pied occidental de la butte de Génetines, puis au village des Barges. Les deux buttes coniques de Génetines et des Barges sont formées par le porphyre granitoïde, mais traversées en même temps par des filons de porphyre quartzifère à grands cristaux de feldspath.

Filon quartzeux de Combanouze, au contact du granite et du porphyre.

Du village des Barges, la ligne de jonction s'élève par une gorge le long du flanc occidental de la butte porphyrique de Vernay, traverse le col qui relie cette butte au plateau granitique du bois

de Combanouze, et redescend enfin par une autre gorge pour gagner le pied occidental du mont Calvaire de Champoly. Un filon de quartz laiteux signale au col de Combanouze le contact des deux terrains, et sa crête est dans la direction même de la ligne de contact.

Les buttes porphyriques qui longent le granite sont toutes placées comme des jalons sur une même ligne droite.

Du haut du mont Calvaire de Champoly on aperçoit, d'un seul coup d'œil, cette suite de hauteurs porphyriques semblables, qui, toutes exactement en ligne droite, semblent être comme les divers jalons d'un seul et grand filon. Les buttes de Roure, Cassefroid, Génetines, des Barges et de Champoly sont parfaitement coniques; celles de Vernay et de Sarot allongées parallèlement à la ligne de contact. Formées pour la plupart de porphyre granitoïde, elles sont néanmoins toutes aussi sillonnées par des dykes de porphyre quartzifère.

Divers filons près du contact du granite et du porphyre.

Nous avons déjà fait remarquer l'existence des filons quartzeux partout où le contact immédiat des deux terrains n'est point voilé par la terre végétale; d'autres filons encore sont particulièrement abondants le long de cette ligne, du moins dans le voisinage des masses de porphyre quartzifère. Dans la butte de Génetines on connaît un filon de galène; au pied de la butte de Vernay, à 100 mètres du granite, un filon de même espèce. Un large filon de marbre blanc, encaissé par le porphyre quartzifère, traverse dans toute sa longueur la colline de Sarot, et enfin au pied du mont Calvaire existent, au contact du granite, des filons de pyrites arsenicales.

Du pied du mont Calvaire, la ligne de jonction des deux terrains vient aboutir à un ravin qui, non loin du hameau de Courbillon, descend dans

le petit vallon du même nom. Ce vallon, bordé au nord-est d'escarpements porphyriques, et au sud-ouest de masses granitiques, va rejoindre la grande vallée du Lignon, au point même où la route royale s'engage dans le défilé des Ruines.

A partir de ce point, c'est le Lignon lui-même qui forme, sur une certaine longueur, la ligne de démarcation que le granite ne franchit pas. C'est encore un filon quartzeux que nous retrouverons au contact du porphyre et du granite. A un quart de lieue en amont de Saint-Thurin, sur la rive droite du Lignon, et à 15 mètres environ au-dessus du fond de la vallée, paraît un puissant filon de quartz parallèle à la vallée, et se prolongeant en ligne droite à près de 2,000 mètres de distance. Il ressort comme une large muraille du pied des coteaux, et peut être aperçu de fort loin. Carte 87 de Cassini.

Au-dessus du filon se montre le granite, au-dessous, dans le fond du vallon, le porphyre granitoïde, et çà et là, comme au hameau de Lemay, des lambeaux de schistes siluriens. Le filon de quartz, moins apparent en aval de Saint-Thurin, est cependant encore visible en masses isolées jusqu'au hameau du Pont. Au delà du Pont, le Lignon se détourne brusquement de sa direction, et la limite des deux terrains ne suit plus la vallée; elle passe par un col peu apparent qui lie le dernier contre-fort de la chaîne granitique du Forez à deux buttes porphyro-granitoïdes, lesquelles, associées à des schistes et calcaires siluriens, forment une espèce de promontoire transversalement au cours de la rivière. Le col et les gorges qui y aboutissent des deux côtés sont couverts de fragments de quartz et de baryte sulfatée; les pro-

priétaires du terrain m'ont assuré y avoir même trouvé de la galène.

Depuis ce point, la limite court à peu près parallèlement à la vallée du Lignon, et toujours dans le prolongement de la direction primitive; elle traverse d'abord deux ou trois cols et quelques gorges correspondantes qui se succèdent à de petites distances, et arrive enfin sur la crête de Rochefort, dont elle ne quitte l'arête culminante qu'auprès du bourg lui-même; le flanc occidental de cette crête étroite est entièrement granitique; le flanc oriental se compose de porphyre granitoïde et de lambeaux de schistes. Le contact immédiat des deux terrains ne peut bien s'observer que sous l'ancien château de Rochefort, dont on a récemment démoli une partie des fondations. Un filon de 15 à 20 centimètres de puissance, se composant de schistes et granites brisés, est intercalé entre le porphyre et un granite blanc très-quartzeux. On observe aussi des fragments de schiste argileux plus ou moins altéré, mêlés à des blocs de granite, et ailleurs du porphyre granitoïde empâtant des masses isolées de granite. On ne peut douter que le conglomérat n'ait été produit par le broiement des diverses roches les unes contre les autres à l'époque des éruptions porphyriques. Ces faits prouvent d'ailleurs *que le porphyre granitoïde est postérieur au granite*. Il ne faudrait cependant pas conclure de là qu'il n'existe dans le département aucun granite plus moderne que le porphyre granitoïde; car nous avons mentionné plus haut diverses variétés de cette roche, et il serait possible que l'une des éruptions granitiques correspondît à la fin de la période anthraxifère.

Contact du granite et du porphyre granitoïde à Rochefort.

Preuve que ce dernier est plus moderne.

Depuis Rochefort, on peut poursuivre la ligne de séparation à travers les deux vallons qui débouchent à Saint-Laurent. Elle est marquée par une dépression très-sensible au coteau de Saint-Laurent, et un peu plus loin, par une dépression semblable au coteau de Chadenat; enfin, près de Lizay, dans le fond du vallon, on rencontre, à la limite des deux terrains, sur une grande largeur, des masses terreuses blanches feldspathiques et des conglomérats ou tufs de porphyre et de schistes qui furent déposés par les eaux, sans doute au moment de l'éruption du porphyre granitoïde ou immédiatement après, et appartiennent ainsi à l'étage anthraxifère.

Au delà du hameau de Martel, la ligne de contact des deux terrains est de nouveau indiquée par un petit col, puis par un léger aplatissement, sur le flanc des coteaux granitiques de Palogneux. Dans cette localité, le porphyre granitoïde ressemble au granite proprement dit; néanmoins, la présence des schistes siluriens de Cremaire, cités plus haut, ne laisse aucun doute sur la véritable nature de cette roche pyrogène.

Grès feldspathique à la limite du porphyre et du granite appartenant à l'étage anthraxifère.

Entre Bravard et le Sail, sur les bords du Lignon et à la limite du porphyre, on exploite, comme pierre de construction, une roche blanche, grenue, tendre, un grès essentiellement feldspathique, traversé irrégulièrement et en tous sens par des veines brunes quartzeuses. C'est encore un tuf porphyrique formé dans les eaux, et appartenant à l'étage anthraxifère comme les masses blanches de Lizay, comme le grès voisin de Leigneux.

A Sail-sous-Couzan, plusieurs sources minérales (acidules) sortent du porphyre d'un point

très-voisin de la limite, et un filon de galerie a été fouillé, il y a 12 à 15 ans, au contact même des deux terrains.

A partir de Sail, la limite des deux terrains suit le flanc occidental d'un ravin qui, du hameau du Pont, s'étend jusqu'à l'origine de la gorge de Trelin, près de Chorignieux. Des filons puissants de quartz gris bleuâtre et des masses d'un tuf porphyrique blanc terreux signalent le contact.

Tuf porphyrique appartenant au grès anthraxifère.

Le hameau de Prellion est à la limite des deux terrains; le tuf porphyrique y forme une bande de plus d'un kilomètre de largeur, qui s'étend le long du granite jusqu'à Gotteret. Le grès, très-tendre, sillonné par les eaux de ravins très-profonds, ressemble au grès exploité entre Bravard et le Sail, mais il est beaucoup moins consistant; comme lui, il appartient à l'étage anthraxifère. Il passe, dans les parties inférieures, à un conglomérat de cailloux granitiques et porphyriques fort peu roulés. On ne découvre aucune stratification proprement dite dans le grès, qui est d'ailleurs traversé en tous sens par des veines quartzeuses grises ou brunes.

On voit par ces détails, déjà trop longs, qu'entre Saint-Thurin et Gotteret, comme dans la partie supérieure du département, la ligne de contact du granite et du porphyre est sensiblement droite, orientée suivant hora 11, et généralement marquée par des filons de quartz et de baryte sulfatée.

La chaîne granitique des montagnes du Forez est très-pauvre en filons métallifères.

On doit se rappeler aussi l'abondance des filons métallifères aux environs de Saint-Thurin, dans la proximité du contact des deux terrains. Il ne sera pas inutile d'ailleurs de remarquer que dans la chaîne granitique des montagnes du Forez les

filons métallifères sont extrêmement rares. Je ne connais que le filon de cuivre pyriteux de Gumières. Enfin, on ne doit pas oublier que le porphyre granitoïde prédomine au pied de la chaîne granitique, tandis que le porphyre quartzifère ne forme en général dans ces lieux que des filons isolés ou tout au plus des buttes d'une étendue peu considérable.

Au nord de la limite que nous venons de faire connaître, la plupart des coteaux situés entre le Lignon et l'Aix se composent de porphyre granitoïde, traversés çà et là par des masses plus ou moins fortes de porphyre quartzifère, dans le voisinage desquelles on rencontre presque toujours des filons de baryte sulfatée et de quartz avec galènes ou pyrites : on peut citer les environs de Naullieu.

Les coteaux entre le Lignon et l'Aix se composent de porphyre granitoïde.

Entre Allieu et Saint-Martin-la-Sauveté, le porphyre granitoïde tient fréquemment enclavés des lambeaux de schistes siluriens et des grès quartzeux et micacés. Entre Saint-Martin et le mont Urfé, auprès de Prolange, le sol se couvre de roches schisteuses durcies (trapp), régulièrement stratifiées, quoique sillonnées par le porphyre granitoïde. Diverses parties de ces trapps renferment déjà des grains feldspathiques comme les grès anthraxifères, auxquels ils passent insensiblement; il suit de là que les porphyres granitoïdes, dont les débris ont fourni aux grès les nodules feldspathiques, ont dû surgir de la terre, non tous simultanément, mais pendant un laps de temps plus ou moins long, et au moins pendant la première période du dépôt des grès anthraxifères.

Les éruptions du porphyre granitoïde ont dû continuer au moins pendant la première période du dépôt du terrain anthraxifère.

Sur le revers méridional des coteaux de Saint-

Martin et d'Urfé, dans la proximité de l'Aix, le grès anthraxifère recouvre en plusieurs points soit le porphyre granitoïde, soit les schistes siluriens; mais le terrain fortement tourmenté rend les relations géologiques un peu confuses. Ainsi, à Saint-Marcel, dans une fouille que l'on fit en 1835 sur un filon de galène, on rencontra le *trapp* ou schiste durci sous une roche feldspathique que je crois devoir classer parmi les porphyres granitoïdes, mais qui pourrait bien appartenir aux grès du terrain anthraxifère.

Sur la rive gauche de l'Aix le porphyre granitoïde disparaît sous les terrains plus modernes.

Sur la rive gauche de l'Aix, si l'on en excepte les environs de Saint-Just, de Juré et de Cremeaux, le porphyre granitoïde disparaît sous le grès anthraxifère et le porphyre quartzifère. Les filons de galène de Juré, de Fontferrière, de Grézolles et de Saint-Just en Chevalet, autrefois exploités par MM. de Blunenstein, se trouvent tous dans le premier de ces trois terrains, mais constamment dans la proximité des diverses masses plus ou moins importantes de porphyre quartzifère qui, lui-même, ne recèle *jamais* des filon métalliques.

Quelques exemples de porphyre granitoïde qui ressemble au granite proprement dit.

J'ai dit plus haut, dans les généralités, que le porphyre granitoïde ressemblait quelquefois à s'y méprendre au granite proprement dit, mais peut-être cette ressemblance n'est-elle qu'apparente, et tient-elle à l'existence de quelques lambeaux de véritable granite enclavés au milieu du porphyre granitoïde, comme il existe dans les environs d'Ambierle et de Changy des lambeaux de granite enveloppés de toutes parts par le porphyre quartzifère? Ainsi, à Saint-Martin-la-Sauveté, j'ai vu quelques roches granitoïdes assez quartzeuzes qui pourraient bien être du granite véritable. A Sézay,

on exploite, sous le nom de granite, une roche cristalline feldspathique blanche, avec mica brun noir et noyaux quartzeux; cette roche contient cependant beaucoup moins de quartz que le granite ordinaire, et il m'a semblé reconnaître qu'elle passait insensiblement au porphyre granitoïde d'Argentière. J'ai rencontré des lambeaux semblables à Chavagneux, entre Grezolles et Saint-Germain-Laval, à Champagny (commune de Souternon), etc.

Sur la rive droite de la Loire je n'ai pu découvrir, dans le département de la Loire, du porphyre granitoïde bien caractérisé. J'ai considéré comme tel, pendant quelque temps, une roche granitique que l'on rencontre aux environs de Haute-Rivoire et de Sainte-Foy-l'Argentière, et que M. Fournet désigne sous le nom de *granite porphyroïde*. Je conservais cependant des doutes fondés sur des différences minéralogiques assez notables. Pour lever ces incertitudes, j'ai une seconde fois visité les environs de Panissière dans le courant de l'été 1840, et maintenant je suis convaincu que cette roche plutonique est un véritable granite à l'apparition duquel il faut attribuer la direction du gneiss suivant hora 3 à 4. On rencontre déjà ce granite en masses isolées au milieu du gneiss à Saint-Héand et à Saint-Galmier, mais il apparaît surtout au nord de la vallée de Sainte-Foy, et occupe à peu près tous les coteaux jusqu'aux environs de Panissière, où il redisparaît sous le gneiss; à l'ouest il s'étend jusqu'à la plaine tertiaire du Forez; à l'est il se prolonge parallèlement à la vallée de Sainte-Foy, et se retrouve même encore à Chessy auprès de la fonderie.

Porphyre granitoïde sur la rive droite de la Loire et dans le département du Rhône.

Granite porphyroïde de M. Fournet.

Il me paraît indubitable que ce granite a sou-

levé le gneiss suivant hora 3 à 4. D'abord la direction générale de la bande granitique est parallèle à celle des couches de gneiss, et en second lieu le gneiss, dirigé suivant hora 3, couronne directement les hauteurs granitiques; c'est le cas des coteaux de Saint-Julien-sur-Bibost, du mont Popez et de la colline qui s'élève au sud de Panissière (voyez *fig.* 1). Il ne sera pas inutile de rappeler d'ailleurs que le gneiss est fréquemment transformé en schiste amphibolique au contact du granite; et que ce dernier contient quelquefois des blocs isolés de gneiss, comme le granite du Pilas, par exemple aux environs d'Essertines. Enfin, près de Sainte-Foy, le granite se rencontre sous forme de filon au milieu du gneiss. Par contre, je n'ai jamais aperçu cette roche granitique dans les terrains de transition; il est donc probable qu'elle est d'origine antérieure, et par suite bien différente du porphyre granitoïde.

Quant aux caractères minéralogiques, ce granite est très-feldspathique, cristallin, peu quartzeux et légèrement micacé. Sous ces divers rapports il ressemble au porphyre granitoïde, mais il en diffère par de grands cristaux de feldspath, analogues à ceux du porphyre quartzifère, cristaux quelquefois hémitropes. Il est d'ailleurs tantôt dur, tantôt très-friable, généralement d'un blanc grisâtre, avec des cristaux de feldspath rosé. Quelquefois il passe à une roche euritique rose fort dure, espèce de granite à grains très-fins. On en trouve sur la route de Panissière à Feurs. J'ai rencontré aussi dans ce granite des cristaux très-nets d'amphibole de 5 à 6 millimètres de longueur, entre autres lieux au-dessus d'*Essertines*.

L'antériorité du granite relativement au por-

phyre quartzifère est établie par de nombreux filons de cette dernière roche, que l'on trouve au milieu du granite, entre Villechenève et Montrotier, sur le prolongement de la chaîne de Violay. Je ne puis affirmer que ce *granite porphyroïde* de M. Fournet soit réellement identique avec le granite de la chaîne du Pilas, mais au moins une certaine analogie dans les caractères minéralogiques, et des relations géologiques semblables le rendent très-probable.

La direction du porphyre granitoïde paraît être hora 11.

La *direction du porphyre granitoïde* me paraît être hora 11; je dis me paraît, car on manque de faits assez positifs pour résoudre la question de manière à ne laisser aucun doute dans l'esprit.

Nouveau système de soulèvement.

Voici les raisons qui me portent à admettre la direction hora 11 : la ligne de contact du granite et du porphyre, les vallées du Lignon, de l'Aix et de l'Ysable, bordées en majeure partie par le porphyre granitoïde, et plusieurs filons bien saillants de cette même roche, dans les coteaux qui dominent Juré au nord-est, ont tous exactement cette direction. L'apparition du porphyre granitoïde ne correspondrait donc, ni pour l'âge ni pour la direction, à l'un des systèmes de soulèvement de M. Élie de Beaumont. Le nouveau système se trouverait intercalé entre le deuxième et le troisième de ce savant géologue.

Le porphyre granitoïde a surgi au pied d'une chaîne granitique préexistante et sa direction est parallèle à celle du granite.

Je terminerai par quelques remarques sur la position relative du porphyre et du granite. Les faits relatés ci-dessus, particulièrement la coupe observée au château de Rochefort, établissent que le granite des montagnes du Forez est plus ancien que le porphyre granitoïde, et la circonstance qu'au milieu de ce granite on ne trouve jamais ni lambeaux ni fragments de schistes siluriens,

prouve même qu'il est d'une origine antérieure à la formation silurienne. Or, si l'on se rappelle que les schistes de transition s'étendent assez généralement jusqu'à la ligne de contact actuelle du porphyre et du granite, sans jamais la dépasser, et si l'on a égard à la configuration du sol qui nous montre cette même ligne, d'une extrémité à l'autre, au pied des montagnes granitiques du Forez, on devra conclure que ces dernières ont dû être soulevées, antérieurement à la période silurienne, suivant une direction parallèle à la limite actuelle des schistes ou des porphyres, c'est-à-dire suivant hora 11. Cette direction primitive de la chaîne granitique du Forez, différente de la direction générale nord-sud, est encore très-sensible entre Montbrison et le Puy-Montoncelle.

On la reconnaît dans la crête la plus élevée de la chaîne du mont Herboux, au-dessus de Montbrison, dans la vallée de Noirétable à la Bergère; dans une autre vallée voisine, située au sud du bois de la Faye, dans la ligne des hauteurs qui s'étendent de Cervières au Puy-Montoncelle; enfin, dans la direction générale du pied de la chaîne entre Marcilly et Saint-Priest-la-Prugne. Cette chaîne formait le rivage de la mer à l'époque du dépôt des schistes et grès siluriens, et c'est du sein de ses eaux qu'ont surgi les porphyres granitoïdes. Ils se sont fait jour le long du pied de l'ancienne chaîne granitique, sans doute parce que la croûte terrestre, déjà rompue en ces points, devait y offrir une résistance moins forte, et ainsi leur direction s'est trouvée forcément la même que celle des granites. Le fait n'est au reste pas nouveau, je crois; on a remarqué ailleurs aussi qu'une roche pyrogène s'est élevée quelquefois du sein de la

terre parallèlement à une chaîne préexistante.

Des débris du porphyre granitoïde a été formé le grès anthraxifère ; or, comme ce grès recouvre presque partout les schistes siluriens, et le porphyre lui-même, et comme d'ailleurs en plusieurs points le schiste semble passer insensiblement au grès, il est certain que les porphyres n'ont dû produire, par leurs éruptions successives, que des perturbations locales d'une intensité peu considérable, sans effet notable sur la forme générale des mers. Ainsi, tout en séparant le grès anthraxifère du terrain silurien, il faut cependant reconnaître que la roche pyrogène qui correspond à l'origine de la formation supérieure n'a eu qu'une influence très-bornée sur la configuration générale des continents.

Le porphyre granitoïde n'a produit, par son éruption, qu'une révolution peu considérable qui a très-peu modifié la forme des mers.

Passons à quelques exemples concernant le terrain anthraxifère.

Après avoir indiqué ci-dessus les rapports de stratification des terrains silurien et anthraxifère, et fait connaître les caractères généraux de ce dernier, il me reste à décrire plus en détail quelques-uns des points les plus remarquables de cette formation.

Terrain anthraxifère de Bully.

Les principales exploitations d'anthracite existent dans la commune de Bully (1). Un conglomérat, à la base du terrain anthraxifère, se montre au jour à l'ouest et au sud de Bully. A 100 mètres environ de ce bourg, en se dirigeant vers Saint-Polgue ou vers Dancé, on rencontre sur les deux chemins des lambeaux de schistes siluriens, sillon-

(1) Quelques-uns des renseignements renfermés dans cette description du terrain de Bully m'ont été fournis par MM. Lacretelle et Duhaut : le premier directeur actuel, et le second ancien directeur des travaux de Bully.

nés par du porphyre quartzifère ; ce dernier particulièrement abondant sur les hauteurs de Chaume. Mais avant d'atteindre ces schistes, on voit reposer sur eux un conglomérat vert foncé, fort dur et tenace, qui porte tous les caractères d'une roche modifiée par la chaleur. Il contient des noyaux de schistes et grès siluriens, du quartz blanc et noir, et çà et là des fragments anguleux blanc terreux, qui paraissent d'origine porphyrique. La roche est d'ailleurs très-micacée, et passe insensiblement, en se rapprochant de Bully, au grès feldspathique ordinaire. Depuis le chemin de Bully à Saint-Polgue le conglomérat peut être poursuivi dans la direction du nord magnétique jusqu'auprès de Quincez ; au delà, les grès et le porphyre quartzifère le dérobent à la vue. En repartant du même point pour poursuivre la ligne du conglomérat en sens inverse, on reconnaît qu'elle se détourne au sud-est pour couper le chemin de Bully à Dancé, puis à l'est et même à l'est un peu nord, de manière à atteindre les bords de la Loire à environ 200 mètres au sud de la chapelle de Chantois ; elle traverse le fleuve, reparaît entre Cordelles et le hameau du Verdier, et s'élève jusque sur les hauteurs porphyriques qui dominent Vandranges et Cordelles. En divers points la bande des conglomérats atteint une largeur de plus de 250 mètres. Sur les deux rives de la Loire la formation silurienne plonge sous le conglomérat ; sur la rive gauche ce sont des schistes, et directement en face, sur la rive droite, au Verdier, des grès et du calcaire bleu.

Couches d'anthracite, à Joeudres.

Au conglomérat succède, plus au nord, le grès anthraxifère. Le long de la rive droite de la Loire il constitue le plateau de Joeudres et de Chevcnet,

au nord de Cordelles. On exploita jadis dans ces lieux de l'anthracite, et aujourd'hui encore une galerie inclinée poursuit une couche dont la direction est assez régulière, mais dont la puissance, très-variable par suite des nombreux resserrements, ne dépasse jamais $1^m,50$. Plus au nord, traversé par des dykes de porphyre quartzifère, le grès se perd sous le terrain tertiaire de la plaine de Roanne.

En face de Cordelles s'élèvent, sur la gauche du fleuve, les plateaux de Bully et d'Odenay; là aussi on trouve le grès anthraxifère avec quelques dykes de porphyre quartzifère. Au bourg de Saint-Maurice, des masses plus considérables du même porphyre ont fait disparaître entièrement le terrain arénacé; et plus loin, en approchant de la plaine de Roanne, les argiles tertiaires ne permettent pas de juger s'il s'étend réellement au nord. On doit néanmoins le supposer, car, le long de la chaîne porphyrique qui limite à l'ouest la plaine tertiaire de Roanne, on rencontre un grand nombre de lambeaux plus ou moins considérables de grès anthraxifère qui plongent sous le terrain tertiaire, et doivent, sans doute, se présenter en couches d'autant plus régulières, qu'ils s'éloignent davantage du porphyre quartzifère. On peut, en particulier, observer un lambeau de cette nature sur la route royale de Paris, à 3 ou 4 kilomètres de la Pacaudière, au bas de la montée vers Saint-Martin. (Carte 86 de Cassini.)

Le terrain anthraxifère doit se prolonger dans la plaine de Roanne.

Les principaux travaux d'exploitation sont situés dans la commune de Bully, entre le hameau de Fragny et les ruines du château de Chantois. Depuis des temps fort reculés, les habitants de Fragny ont, chacun dans leurs terres, exploité par

Travaux d'exploitation de Bully.

galeries les affleurements de quelques couches d'anthracite; mais ces travaux, d'une profondeur très-faible et sans liaison les uns avec les autres, ont peu contribué à faire connaître la nature de ce terrain. En 1835, des capitalistes parisiens, dans le but d'exploiter sur une plus vaste échelle, firent creuser trois puits, dont un seul a atteint une couche régulière d'anthracite. Ils sont tous trois situés entre deux petits ravins qui se dirigent selon la ligne est nord-est des hauteurs de Chaume vers la Loire. Les deux puits les plus rapprochés de la Loire, placés non loin d'une butte de porphyre quartzifère contre laquelle est adossée la maison de direction, n'ont rencontré que des filets d'anthracite très-irréguliers et inexploitables.

Travaux du puits des Glandes. (Fig. 14.)

Le troisième, appelé puits des Glandes, placé au midi de Fragny et à égale distance des deux ravins, a traversé une couche de combustible assez régulière pour un terrain sillonné en tous sens par des filons de porphyre quartzifère. Ce puits a été ouvert dans un grès micacé, dont la pâte est tantôt rouge, tantôt d'un gris jaunâtre; au premier abord on le prendrait pour du porphyre rouge terreux, toutefois les grains feldspathiques blanc laiteux ou rosés à contours peu nets, l'abondance du mica si rare dans le porphyre quartzifère, et plus que tout cela une tendance à la stratification, des stries qui coupent la roche parallèlement aux couches d'anthracite, prouvent clairement que la roche est réellement un grès.

Le grès de Bully a dû être exposé à une haute température.

Le même grès constitue presque exclusivement la surface du sol au nord-ouest du puits des Glandes jusqu'au delà du hameau de Fragny. Le mica est constamment en tables hexagonales très-régulières, preuve certaine que le grès a dû subir une température assez forte,

ce qu'on peut au reste déduire également de l'absence des matières volatiles dans le combustible, et mieux encore de quelques bancs de schistes feldspathiques entièrement porcelanisés, que j'ai rencontrés au toit d'une couche d'anthracite dans une ancienne exploitation située au-dessous et à l'est de Fragny (galerie de Benoît Chabry). Absolument rien n'autorise d'ailleurs à attribuer ce changement des schistes en porcelanite à une combustion partielle et spontanée de l'anthracite elle-même, car on les trouve au contact des couches encore vierges.

Au-dessous du grès rougeâtre, à 6 mètres de profondeur, le puits a atteint un grès verdâtre très-dur, qui ressemble au porphyre vert; il est criblé de grains feldspathiques, les uns blanc laiteux, les autres lamelleux et semi-transparents. On distingue aussi des grains quartzeux et des feuillets brillants de mica noir; les fissures très-nombreuses de la roche sont tapissées par un enduit blanc de chaux carbonatée spathique et quelquefois par une matière stéatiteuse verdâtre. Le même grès s'est montré sans stratification bien nette sur une hauteur d'environ 19 mètres. Au sud-est du puits on voit le grès percer au jour, mais il est beaucoup moins dur, d'un aspect terreux et d'une teinte jaunâtre. C'est la couleur la plus générale du grès anthraxifère toutes les fois qu'il a été longtemps exposé au contact de l'air.

Sous le grès, a paru du schiste noir, terreux, entremêlé de parties charbonneuses, mais le tout très-bouleversé, puis des schistes feldspathiques, gris, durs, veinés de blanc, qui paraissent également avoir éprouvé une altération plus ou moins profonde par suite d'une action ignée; en-

fin, sous ces schistes et à 36 mètres de profondeur, on a trouvé la couche d'anthracite, dont la puissance moyenne est de 1m,30 à 1m,50. Au-dessous de la couche reparaissent les grès, mais ils sont à pâte plus terreuse et d'une teinte gris foncé, due à la présence de matières charbonneuses. Les grains de feldspath opaque et de feldspath lamelleux sont toujours très-nombreux. On a approfondi le puits à 39 mètres au-dessous de la couche d'anthracite sans en rencontrer une seconde. La profondeur totale du puits est ainsi de 77 mètres (voyez *fig.* 14).

Coupe du puits. (Fig. 14.)

La couche vient affleurer à l'est et au sud du puits, elle est divisée en deux, quelquefois en trois parties par un ou deux bancs de grès très-fin, feldspathique et compacte, dont la puissance assez variable est rarement au-dessous de 15 centimètres. La direction de la couche est orientée sur hora 3, et sa plongée sur hora 9, c'est-à-dire au nord-ouest. L'inclinaison varie entre 20 et 30°. On a tracé quelques galeries de niveau en amont du puits, et poussé une galerie inclinée le long de la couche jusqu'au jour, pour faciliter l'aérage de la mine et la descente des ouvriers; l'anthracite est d'un noir grisâtre, moyennement brillant; il brûle sans flamme, ne contenant que fort peu de matières volatiles; ses cendres sont blanches.

Cette même couche a été exploitée autrefois par galeries partant des affleurements en divers points peu éloignés du puits des Glandes. Les travaux exécutés par le propriétaire Rajot à l'est du puits montrent la couche divisée en trois parties par des bancs schisteux d'une épaisseur considérable, car elle est quelquefois de 1m,60. On ne peut ex-

ploiter que la partie moyenne, dont la puissance est de 0,50 à 1 mètre. Les deux autres assises donnent une anthracite très-mêlée de schistes. On peut conclure de ce fait combien le dépôt d'anthracite paraît être irrégulier, tant sous le rapport de la puissance totale de la couche, que sous celui de la qualité du combustible.

La direction des couches du terrain de Bully est assez constante.

Comme il ne peut entrer dans le but de ce mémoire de parler en détail de tous les travaux souterrains, j'ajouterai seulement que la plupart des anciennes fouilles par galeries ont été entreprises au nord du puits des Glandes, entre le hameau de Fragny et la Loire; que l'irrégularité des couches, causée par les dykes de porphyre quartzifère, n'a jamais permis de poursuivre fort loin la même galerie, et que l'inclinaison des couches est des plus variables. Quant à la direction, elle paraît avoir été déterminée par un mouvement du sol plus général, car la majeure partie des couches plongent vers le nord-ouest, comme celle du puits des Glandes.

L'analogie frappante entre les diverses couches, qui toutes sont subdivisées de la même manière par des bancs de grès schisteux, semble prouver que ce sont des lambeaux épars d'une seule et même couche.

On ne connaît aucun affleurement entre Fragny et Bully; le sol est principalement occupé par le grès cristallin gris verdâtre que j'avais considéré autrefois comme porphyre vert, mais qui passe insensiblement au conglomérat dont j'ai parlé ci-dessus.

Sur les bords du torrent de Moutouse, entre Bully et Odenay, on a aussi exploité jadis de l'anthracite; on connaît des couches non loin des

fermes de Zéire, de Quinzez et de Plagne. Elles sont très-irrégulières; là, comme dans une vigne située à 1,000 mètres au nord Fragny, on peut observer des dykes de porphyre quartzifère qui traversent et même relèvent verticalement les couches du terrain anthraxifère et l'anthracite elle-même (*fig.* 6).

Grès anthraxifère très-cristallin le long de la chaine porphyrique qui limite à l'ouest la plaine de Roanne. Ces grès ressemblent au porphyre vert.

J'ai dit plus haut que le grès anthraxifère se retrouvait en lambeaux isolés au pied de la chaîne porphyrique qui limite à l'ouest la plaine de Roanne. Il me paraît nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la nature particulière et la position de ce grès. Le porphyre quartzifère occupe en général la crète saillante de la chaîne, le grès, plus ordinairement les deux versants. Ce dernier est particulièrement abondant sur les deux flancs des hauteurs qui courent parallèlement à l'Ysable entre Saint-Polgue et Frédufond. On peut en observer les diverses variétés le long de la route départementale de Roanne à Clermont, depuis Villemontois au plateau de partage des eaux de l'Aix et de l'Ysable. Ces roches ressemblent en réalité bien plus aux porphyres qu'à de véritables grès; néanmoins, la forme irrégulière de leurs nombreux grains feldspathiques et leur ressemblance complète aves des grès cristallins observés ailleurs, et dont le passage à un véritable conglomérat de formation aqueuse ne peut être mis en doute, me semblent deux raisons décisives; d'autant plus, que je n'ai jamais rencontré ces roches réellement en filons, comme les porphyres granitoïde et quartzifère.

Ces grès, toujours fort durs et tenaces, se composent d'une pâte compacte à cassure esquilleuse, dont la teinte varie singulièrement; tantôt

elle est grise, tantôt verte ou brune, ou rougeâtre, ou violette, ou même quelquefois noire, comme à la ferme du Bois-Cuttil. Les grains feldspathiques sont tantôt blancs, tantôt rosés, et vitreux ou opaques, selon la fraîcheur de la cassure. La stratification paraît être nulle, ce qui est au reste commun à presque toutes les grandes masses de grès. Les variétés gris-verdâtres, semblables aux grès cristallins du terrain de Bully, sont particulièrement abondantes le long de la route de Clermont, entre le fond de la vallée de l'Ysable et le hameau des Essard; les variétés violettes entre l'Ysable et Villemontais. Quelques-unes de ces roches sont assez belles, et pourraient être exploitées en grands blocs pour vases et ornements; elles ressemblent au porphyre violet de Suède, qui, lui-même aussi, est peut-être un grès plus ou moins modifié par la chaleur. Au reste, les variétés brunes, violettes et rouges ne possèdent souvent cette teinte que jusqu'à une certaine profondeur assez faible; à une plus grande distance de la surface, la couleur passe au vert foncé. Ce changement est sans doute dû à la suroxydation du fer.

Passons au *terrain anthraxifère qui longe la Loire au sud de Bully.*

Au sud des schistes de Chantois reparaît le terrain anthraxifère.

Les schistes siluriens qui plongent, non loin du château de Chantois, sous le conglomérat anthraxifère du terrain de Bully, ne se montrent que sur une largeur peu considérable; en remontant la Loire d'environ 4 à 500 mètres, on retrouve le terrain anthraxifère formé à sa base par un conglomérat à pâte compacte rouge ou violette, avec fragments de schistes et de porphyre granitoïde, et des galets arrondis de grauwacke. Au conglo-

mérat succède le grès feldspathique d'une grande dureté, qui forme ensuite, jusqu'à la plaine du Forez, où les chistes reparaissent au port Garrel, une suite d'escarpements plus ou moins considérables sur les deux rives de la Loire.

La roche cristalline qui ressemble au porphyre vert est réellement un grès.

En étudiant attentivement les escarpements de la rive gauche, on peut se convaincre que ces roches feldspathiques si dures sont réellement des grès. A 2 kilomètres en aval du port de Saint-Priest-la-Roche, la Loire fait un contour brusque en forme d'un grand fer à cheval, très-bien indiquésur la carte de Cassini. Eh bien! au sommet de ce contour, dans un petit ravin, on voit très-nettement que la roche *feldspathique passe insensiblement à un conglomérat* de petits galets de schistes noirs, de grauwackes et de porphyres, et ce conglomérat lui-même est aussi dur et cristallin que la roche grise ordinaire. A quelques cents mètres en amont, dans un petit ravin qui prend son origine au hameau de Faisantier, on trouve même des schistes feldspathiques et du grès noir charbonneux tout à fait semblables aux roches du terrain de Fragny.

Ces mêmes escarpements sont traversés par plusieurs grands filons de porphyre quartzifère. On observe un premier filon à la suite du conglomérat de Chantois, puis deux autres voisins l'un de l'autre, et dont le plus grand, d'une centaine de mètres de puissance, coupe transversalement les deux branches du fer à cheval que forme la Loire près de Saint-Priest-la-Roche. C'est un porphyre à pâte rosée grisâtre à grands cristaux de feldspath blanc. Il est à peu près vertical, et redresse visiblement au contact les masses de grès

anthraxifère, mais son influence ne se fait pas sentir fort loin.

Sa direction correspond à hora 7 1/2, et comme il est sur le prolongement de la crête porphyrique de Chaume (au-dessus du Bully), il ne serait pas impossible que les deux masses fissent partie d'un seul et même filon.

Revenons à notre seconde bande de conglomérat au sud de Chantois. On peut la poursuivre depuis les bords de la Loire, dans la direction de Dancé, jusqu'à la gorge du Minet, que nous avons déjà citée plus haut comme l'un des points où les rapports des deux étages du terrain silurien peuvent être observés avec la plus grande facilité. Le bourg de Dancé est construit sur une masse de porphyre rouge; mais à 100 mètres du village, sur le chemin de Bully, on rencontre un conglomérat friable à grands blocs anguleux de schistes et de porphyre blanc, et à galets arrondis de grès cambrien. Entre Dancé et le ravin du Minet, il est facile de retrouver partout ses traces; sa largeur est même habituellement de 500 mètres; au sud de cette ligne succède au conglomérat un dépôt anthraxifère qui s'étend jusque sous le terrain tertiaire de la plaine du Forez, et occupe les communes d'Amions, de Dancé et de Saint-Paul de Vézelin.

Le grès anthraxifère des environs de Saint-Paul-de-Vézelin ressemble au porphyre rouge terreux.

La roche prédominante du terrain est un grès feldspathique se désagrégeant à l'air en un sable légèrement argileux et très-micacé. Sa teinte jaune rougeâtre m'avait d'abord engagé à le considérer comme un porphyre rouge terreux, d'autant plus que le terrain est réellement sillonné par des filons de porphyre quartzifère; mais en l'examinant dans les ravins, dans les ruisseaux, dans les es-

carpements qui bordent la Loire, partout en un mot où l'eau a pu enlever toutes les parties altérées par le contact de l'air, on reconnaît immédiatement son identité avec les grès gris verdâtre du terrain de Bully. Le passage insensible de ce grès si dur au grès brun jaunâtre et friable peut très-bien s'observer dans les tranchées du chemin de fer de Roanne, près de Neullize, où l'on trouve exactement le même terrain. On voit là que l'altération est sensible jusqu'à une profondeur de $1^{m},50$ à 2 mètres de la surface du sol.

En divers points, particulièrement sur le chemin de Dancé à Amions, le grès est réellement stratifié; les couches plongent au sud ou au sud-ouest.

Anthracite de la Bruère.

Au hameau de la Bruère, sur le revers méridional de la crête d'Amions, on a exploité de l'anthracite; les couches plongent en sens inverse au nord-est. Entre la Bruère et Dancé, le terrain m'a paru assez régulier et peu bouleversé par les porphyres; ce serait donc là, si du moins les couches de la Bruère se prolongent, que l'on pourrait, avec le plus de chances de succès, établir une exploitation un peu étendue et régulière; quelques capitalistes de Paris ont commencé des puits de recherches dans cette localité.

Les affleurements de la côte de la Bruère, que l'on a fouillés par galeries, indiquent l'existence de deux ou même de trois couches de combustible. Entre les divers affleurements et immédiatement au-dessus du plus élevé, paraissent des grès feldspathiques fort durs, de diverses variétés, avec le caractère de certains porphyres verts, et cependant l'on ne peut nier que ce ne soient réellement des grès. Le long du chemin de la Bruère à

Amions, des schistes feldspathiques blancs et gris clair alternent en couches régulières avec ces mêmes roches; nouvelle preuve que ce sont réellement des grès. A Amions même paraît de nouveau une butte porphyrique; mais dans un chemin creux qui conduit d'Amions au hameau de Torban, on observe des schistes et du grès qui alternent entre eux, et même en deux points de la terre noire, indice de combustible. Les couches plongent au sud-ouest comme aux environs de Dancé; près de là, au hameau des Clercs, on doit avoir exploité jadis de l'anthracite : on distingue en effet encore aujourd'hui des schistes charbonneux dans une vigne de cette localité. Je dois remarquer encore que le grès anthraxifère qui forme la majeure partie du sol des trois communes de Dancé, d'Amions et de Saint-Paul de Vézelin, est généralement très-micacé, et que presque partout les lamelles de mica sont régulièrement hexagonales; ce qui semble prouver, comme nous l'avons déjà remarqué plus haut, que le terrain a dû éprouver, après son dépôt, une température fort élevée. C'est sans doute à cette cause qu'il faut attribuer la cristallinité de la roche, et par suite sa ressemblance avec les porphyres.

Terrain anthraxifère sur la rive droite de l'Ysable.

Grès éminemment cristallins.

Si nous passons sur la rive droite de l'Ysable, nous retrouvons encore çà et là quelques lambeaux du même terrain; je citerai en particulier les communes de Crémeaux, d'Urfé, de Saint-Romain, de Juré et de Saint-Marcel; mais dans toutes ces localités, le terrain anthraxifère ne se présente qu'en masses plus ou moins isolées qui semblent avoir pris naissance dans une suite de petits bassins au milieu des schistes siluriens et du porphyre granitoïde. Il se compose, dans ces lo-

calités exclusivement, de grès gris verdâtre d'un aspect tout à fait porphyrique, passant tantôt à un véritable conglomérat ou grès grossier, tantôt aux schistes siluriens immédiatement inférieurs comme à Urfé, dont nous avons déjà parlé. Ces deux faits et l'absence totale d'anthracite et de schistes anthraxifères, si l'on en excepte les points les plus voisins de l'Ysable, pourraient faire supposer que ces divers lambeaux, dont la puissance n'est d'ailleurs pas bien considérable, représentent seulement la partie inférieure du terrain anthraxifère, et que les éruptions successives des porphyres granitoïdes, ou un soulèvement progressif du sol, ont mis à sec cette partie du département, voisine d'ailleurs de la chaîne primitive avant le dépôt des couches d'anthracite. Je citerai comme exemple les environs de Saint-Romain, d'Urfé, n° 52 de Cassini. A une petite distance au sud de ce bourg s'élève une colline sur le flanc de laquelle est bâti le hameau du Grand-Ris. Une roche grise feldspathique très-micacée, peu quartzeuse, paraît spécialement à l'est et au sud-est du sommet. Elle me semblait d'abord devoir être rangée dans la classe des porphyres granitoïdes; mais la forme irrégulière des grains feldspathiques, et plus encore les fragments nombreux de schistes que l'on y rencontre, particulièrement entre les hameaux du Grand-Ris et de La Fot, doivent la faire considérer comme un véritable grès. En se rapprochant du château de Contenson, le grès acquiert une plus grande dureté, et ressemble bien plus encore à certains porphyres verts; mais sur les bords du chemin qui mène du château au pont de l'Aix, on voit également des grès feldspathiques durcis avec de

nombreux fragments schisteux et même des débris arrondis de porphyre.

Terrain anthraxifère sur la rive droite de la Loire.

Étudions maintenant la disposition du terrain anthraxifère sur la rive droite de la Loire.

Nous avons déjà mentionné le grès de Jœuvres, qui recouvre au nord les schistes siluriens du Verdier, près de Cordelles; vers l'est et le sud, les schistes s'enfoncent également sous un conglomérat auquel succède le grès à anthracite. Celui-ci s'étend d'une part jusque dans l'intérieur du département du Rhône, et d'autre part, jusqu'à la bande des schistes siluriens que nous avons signalés ci-dessus à l'extrémité de la plaine tertiaire du Forez, entre le port Garrel et Néronde; on doit d'ailleurs se rappeler ce que nous avons dit ci-dessus à l'occasion du terrain silurien, que ce dernier est généralement recouvert par le grès anthraxifère, et ne paraît le plus souvent que dans le fond des vallons, tandis que les plateaux sont occupés par le grès à anthracite. On retrouve dans ce bassin les mêmes variétés de grès que sur la rive gauche. Le grès cristallin prédomine; il est généralement dur et verdâtre à une certaine profondeur, décomposé, friable et d'une teinte brune à la surface. Le plus ordinairement, il n'y a pas de stratification proprement dite; la roche se divise même quelquefois en prismes comme les basaltes; on en peut voir un exemple bien frappant dans une tranchée du chemin de fer de Roanne, au plan incliné de Neullize. Ailleurs cependant, principalement dans les parties qui renferment de l'anthracite, le grès est assez nettement stratifié, et alterne même avec des schistes feldspathiques à empreintes végétales; tel est le terrain du plateau de Saint-Priest, Vandrange et Neullize.

Indices d'anthracite près de Saint-Priest-la Roche. (Fig. 7.)

Dans un ravin au nord de Saint-Priest, on a entrepris, il y a 6 à 8 ans, quelques fouilles sans succès. Il est vrai que la galerie de recherche avait été placée entre deux filons de porphyre quartzifère très-rapprochés, qui avaient redressé verticalement le grès et les schistes. En montant du fond de ce ravin vers Saint-Priest, on rencontre, au-dessus du grès ordinaire, des schistes feldspathiques très-fins, blancs, zonés de rouge, bleu et noir, semblables aux schistes d'Amions; par-dessus vient un grès olivâtre, friable, analogue au grès anthraxifère de Bully; enfin, au haut du plateau, paraît, comme dans la partie supérieure du puits des Glandes à Fragny, un grès micacé rougeâtre. Entre Saint-Priest et Vandrange, ce grès rouge alterne avec un grès couleur olive, et ce dernier à son tour avec des schistes feldspathiques. Au domaine de Verreux, à 500 mètres au nord de la ferme, on voit sur le bord d'un pré un petit escarpement où plusieurs couches de grès et de schistes, presque horizontales, alternent régulièrement entre elles; on m'a assuré y avoir trouvé des empreintes végétales. Entre Saint-Priest et Neullize, on connaît quelques affleurements d'anthracite, mais on n'a jamais entrepris de travaux d'exploitation.

La base du terrain peut être observée soit au-dessus de *Cordelles-la-Vieille*, soit auprès du hameau de Cucurieux, commune de Vandrange. Dans la première localité, on voit, sous le grès ordinaire, un grès semblable criblé de petits fragments de schistes siluriens; dans la seconde, c'est un conglomérat composé de débris roulés de grès quartzite, de grauwacke et de schistes. Une butte de porphyre quartzifère semble avoir aux deux points

soulevé le sol et amené au jour ces couches inférieures.

Grès du hameau de Biesse. Le terrain anthraxifère reposé en stratification discordante sur les schistes siluriens. (Fig. 5.)

On peut encore observer le terrain anthraxifère régulièrement stratifié dans une tranchée du chemin de fer de Roanne, près du hameau de Biesse, localité que nous avons déjà citée. Les couches inclinent faiblement au sud-sud-ouest, et reposent ainsi en stratification transgressive sur les schistes siluriens que l'on voit plonger vers le nord dans la partie inférieure du plan incliné du Bernand, non loin de Balbigny. Le grès est terreux, d'un blanc jaunâtre ; les grains feldspathiques sont petits, d'un blanc mat, souvent presque arrondis; le mica est abondant, le quartz rare. Une masse de porphyre quartzifère jaune clair traverse le grès, et sur le bord de cette roche ignée on aperçoit un filon de baryte sulfatée de quelques centimètres de puissance.

Couches d'anthracite sur la rive droite de la Loire. (Fig. 10 et 17.)

Les affleurements d'anthracite et les exploitations actuellement en activité, sur la rive droite de la Loire, sont situés dans les vallées du Rhin, de la Trambouze et de l'Écorron, entre les petites villes de Régny, Thizy, Amplepuy et Lay. J'ai décrit ci-dessus plusieurs coupes, dans lesquelles les relations entre les terrains silurien et anthraxifère de ces localités sont nettement représentées; il ne me reste plus qu'à donner quelques détails sur les exploitations elles-mêmes.

Travaux de Combres (Fig. 15.)

Depuis plusieurs années on exploite de l'anthracite dans la commune de Combres auprès du hameau d'Achard. La base du terrain est un conglomérat dont il a été question plus haut; il forme une bande dirigée de l'est un peu nord vers l'ouest un peu sud, passe à quelques cents mètres au nord du bourg de Combres, et peut être poursuivi

dans toute la partie supérieure de la vallée du Rhodon au sud de Montagny ; à la suite du conglomérat vient le grès ordinaire que l'on voit assez nettement stratifié le long du chemin qui conduit de Combres au hameau d'Achard. Les couches plongent au sud-sud-est. Un grès d'une nature particulière est exploité pour moellon, dans une petite carrière située au nord-ouest de Combres, près de la bande du conglomérat. Il est formé par une pâte terreuse, assez compacte, d'une nuance verte, au milieu de laquelle se trouvent un très-grand nombre de noyaux sphériques de spath calcaire blanc tacheté de rouge. Les noyaux sont de la grosseur d'un pois, et se détachent assez facilement de la pâte. On y découvre aussi quelques petits grains pyriteux. Je n'ai vu nullement ailleurs une roche semblable.

L'anthracite se montre au jour au sud-ouest du hameau d'Achard, dans le petit vallon qui sépare Combres des hauteurs de Montagny. Les affleurements semblent prouver qu'il y a au moins deux couches ; mais comme aucun puits n'a encore été approfondi au-dessous de la première couche, on ne peut rien affirmer de positif à cet égard.

Disposition des couches d'anthracite.

La couche exploitée plonge d'environ 15 à 20° vers le sud ; sa puissance moyenne est de 1^{m},30 à 1^{m},60 ; elle est divisée en trois assises par deux bancs de grès schisteux d'environ 15 centimètres chacun. La couche est enveloppée au toit et au mur par un grès jaunâtre très-feldspathique, qui renferme des nodules assez nombreux d'une substance verte tendre (*hydrosilicate d'alumine ?*). Ce grès ressemble beaucoup à certains porphyres quartzifères décomposés.

L'anthracite est très-sèche et schisteuse, entremêlée de parties argileuses noirâtres, de manière à laisser fréquemment jusqu'à 50 p. 0/0 de cendres; elle est ainsi bien moins pure que celle de Bully, et n'est guère employée que par les chaufourniers de Thizy et de Montagny. L'exploitation, entre les mains des propriétaires de la surface, est très-peu active et même interrompue pendant la mauvaise saison à cause des eaux. Qualité de l'anthracite.

En avançant depuis les mines de Combres, vers le fond de la vallée de la Trambouze, dans la direction nord-sud, on arrive à des bancs du terrain anthraxifère qui sont supérieurs aux couches d'anthracite. On rencontre d'abord un grès friable, micacé, d'une teinte rougeâtre; plus loin il est vert, et au fond de la vallée il est cristallin et possède une dureté et une ténacité extraordinaires. Au delà de Trambouze, la crête étroite qui sépare cette rivière de celle du Rhin, entre Aubertière et Roche, est exclusivement formée de grès verdâtre d'apparence porphyrique, sans indices de stratification. Il en est de même au sud-ouest de Combres, au hameau de Chaland, où le grès affecte les formes pseudo-régulières des basaltes. L'apparence porphyrique de ces roches, qui contraste singulièrement avec la friabilité des grès de Combres, me semble, au reste, facile à expliquer. Le terrain de Combres repose directement sur les schistes siluriens, et n'est point traversé par des masses considérables de porphyre, tandis que le grès cristallin de la rive gauche de la Trambouze est très-rapproché des puissantes masses de porphyre quartzifère de Thizy, Saint-Victor et Amplepuy, et repose peut-être même sur des coulées de porphyre granitoïde. Ces roches Grès très-cristallin d'Aubertière et de Challand affectant les formes pseudo-régulières des basaltes.

possèdent d'ailleurs les caractères évidents d'un grès modifié par une action ignée. On y rencontre (entre Roche et Aubertière) de petits fragments de schistes siluriens, qui souvent sont comme fondus avec la pâte du grès. Les grains feldspathiques sont arrondis ou de forme irrégulière ; le mica est toujours en tables hexagonales.

Les roches grises feldspathiques sont réellement des grès et non des porphyres ayant empâté des fragments schisteux. (Fig. 10.)

J'eus assez longtemps la pensée que ces roches étaient peut-être des porphyres et que les fragments schisteux, empâtés au milieu de ces masses ignées et en partie fondues, leur avaient sans doute communiqué cette teinte foncée qui les distingue des véritables porphyres granitoïdes. Mais cette hypothèse, en opposition avec les faits déjà cités du passage de semblables roches à de véritables conglomérats et à d'autres grès réellement stratifiés, est d'ailleurs entièrement renversée par le fait suivant : à moitié chemin de Lay à Amplepuy, auprès des ruines du château de Pessolay, on peut observer un grès anthraxifère friable, renfermant une quantité prodigieuse de petits fragments de schistes de dimensions presque identiques, et offrant des bords nets et nullement fondus. En avançant vers Montsiséran, sur la route d'Amplepuy, le grès prend insensiblement de la dureté et un aspect plus cristallin ; les fragments schisteux ne disparaissent d'ailleurs en aucune façon. Or, comment supposer que tous ces débris schisteux aient été empâtés par fusion? On ne pourrait expliquer une répartition aussi uniforme d'un si grand nombre de fragments anguleux qu'en attribuant au porphyre une très-grande fluidité ; mais alors nul doute que ces schistes n'eussent au moins été altérés ou fondus sur les bords ; ce qui n'est nullement le cas. Il est probable d'ailleurs que le

porphyre eût emporté pêle-mêle des fragments de toute grandeur et en proportions variables d'un point à un autre, tandis qu'ici on est précisément frappé par l'uniformité de dimensions des fragments et par l'homogénéité de la roche sur une étendue considérable.

L'examen de ces grès, formés de grains feldspathiques et de débris schisteux, conduit à une autre conséquence : on est obligé d'admettre que la mer au sein de laquelle ces grains se sont déposés, a toujours été plus ou moins agitée; et il est très-probable que cette agitation a dû être causée par les éruptions successives du porphyre granitoïde.

Les autres exploitations d'anthracite n'ajoutent rien de nouveau aux faits déjà signalés.

Dans le coteau qui domine au nord-est le bourg de Regny, on a exploité de l'anthracite à une bien faible distance de la base du terrain; le dépôt est très-irrégulier, il a été bouleversé par des filons de porphyre quartzifère et par un puissant filon de quartz qui a plus de 1000 mètres de longueur. Au toit des couches de Regny, on rencontre comme à Combres des grès durcis d'apparence porphyrique. Anthracite à Regny. (Fig. 17.)

Nous avons mentionné plus haut de l'anthracite dans la commune de Saint-Claude (entre Regny et Amplepuy); quelques propriétaires du sol ont jadis exploité ce combustible dans les environs du hameau de Vermoulin. Les anciens travaux semblent indiquer l'existence de plusieurs couches qui plongent au sud ou sud-sud-est comme celles de Combres. Le sol a été, au reste, très-accidenté par le porphyre quartzifère à grands cristaux de feldspath. On peut être assuré de (Carte 86 de Cassini.) Anthracite de Vermoulin.

trouver cette roche au sommet de la plupart des collines à pentes roides.

Anthracite dans la vallée de l'Écorron. (Fig. 10.)

En poursuivant le vallon qui conduit de Saint-Claude à Lay, on passe auprès de plusieurs anciennes exploitations et non loin de quelques recherches récentes. La direction des couches est assez variable et paraît avoir été modifiée par le porphyre quartzifère. Dans le domaine de Salles, on reconnaît clairement les affleurements de 4 à 5 couches différentes, et depuis mon passage en ces lieux les recherches ont conduit à un amas ou banc de plusieurs mètres de puissance.

Anthracite à Lay.

On a exploité également de l'anthracite dans les environs de Lay et de Saint-Symphorien. Près de là, entre ce dernier bourg et Fourneaux, le grès est éminemment cristallin, aussi a-t-il été décrit comme *granite à petits grains* par M. Dufresnoy, dans sa Description géologique de la France, t. I, pag. 251. Mais auprès du hameau de Chassin, dans une carrière sur les bords mêmes de la route, on peut distinguer une véritable stratification ; d'ailleurs, cette roche passe insensiblement au grès à anthracite de Lay, et celui-ci au conglomérat des environs de Regny. La cristallinité des grès de Fourneaux paraît être une conséquence du voisinage de la grande chaîne porphyrique qui se trouve à la limite des départements de la Loire et du Rhône.

(Carte 87 de Cassini.)

Variété marbrée de grès anthraxifère.

Une variété particulière de grès anthraxifère se rencontre à Amplepuy et dans les tranchées du chemin de fer de Roanne, entre Neullize et l'Hôpital. Le grès feldspathique est comme marbré ou nuancé de vert et de rouge. Les parties rouges ressemblent alors beaucoup à certains porphyres quartzifères à petits cristaux de feldspath. Or,

comme dans les environs d'Amplepuy le véritable porphyre quartzifère est également abondant, je les confondis longtemps l'un avec l'autre, et je pensai que le grès vert cristallin, que je regardais encore comme une variété du porphyre granitoïde, passait ainsi au porphyre quartzifère; d'où je conclus que le porphyre granitoïde et le porphyre quartzifère n'étaient que des variétés d'une même classe de roches ignées sorties du sein de la terre l'une après l'autre sans interruption proprement dite.

Vers le nord du département, c'est-à-dire entre les vallées du Rhodon et du Botoret, le grès anthraxifère n'apparaît plus qu'en lambeaux isolés. Des masses très-nombreuses de porphyre quartzifère, branches latérales de la chaîne nord-sud qui sépare, depuis Amplepuy, le département de la Loire de celui du Rhône, bouleversent considérablement toutes les anciennes formations de sédiment. Le porphyre, les schistes siluriens et le grès ou conglomérat anthraxifère alternent plusieurs fois les uns avec les autres à des distances très-rapprochées, en sorte qu'il est à peu près impossible de tracer une carte géologique exacte de cette partie du département.

Il serait inutile de décrire en détail tous ces lambeaux épars; il suffit de rappeler que le grès se perd vers le nord sous les terrains jurassiques, et se prolonge à l'ouest sous les sables tertiaires de la plaine de Roanne, pour rejoindre sans doute le terrain à anthracite que nous avons fait connaître sur la lisière occidentale du bassin tertiaire.

Environs de la Gresle, dans le nord du département.

Je citerai cependant les environs de la Gresle comme l'un des points qui font le mieux connaître la nature véritable du grès cristallin qui a

tous les caractères du porphyre vert. En suivant la crête de Sévelinges à la Gresle, on rencontre, entre diverses masses de porphyre quartzifère, des schistes siluriens d'abord argileux et tendres, puis d'autant plus compactes et durs qu'ils sont plus rapprochés de la Gresle. Enfin, la butte qui domine ce bourg se compose, à la partie la plus élevée, de porphyre quartzifère, tandis que le versant occidental et méridional est formé par un conglomérat d'un gris vert foncé extrêmement solide et dur. On y distingue des fragments de schistes de plusieurs décimètres cubes, cimentés par une pâte verdâtre avec grains feldspathiques arrondis. Les schistes n'ont subi d'autre altération qu'un durcissement considérable ; ils n'ont point été imprégnés de cristaux de feldspath. L'hypothèse d'une *feldspathisation après coup* me paraît en général fort peu probable, et pour ce qui me concerne, je n'ai rencontré aucun fait qui pût l'appuyer. La pâte et les fragments de schistes sont fortement soudés ensemble, et semblent quelquefois ne former qu'une seule masse. Ce conglomérat devient insensiblement plus fin, et passe au grès cristallin ordinaire.

A l'ouest de la Gresle, au hameau de la Mure, on trouve encore ce conglomérat durci, ou plutôt le grès ordinaire, avec quelques fragments de schistes et de porphyre granitoïde blanc. On voit là clairement que la pâte si foncée des grès est formée par la même substance que les schistes.

Révolution qui a mis fin à la période anthraxifère.

La fin de la période anthraxifère a dû être marquée par une révolution bien plus considérable que celle qui correspond à son origine ; nous avons montré en effet que puisque les grès anthraxifère recouvrent presque partout les schistes silu-

riens, les rivages des mers ont dû peu changer entre les dépôts successifs de ces deux terrains. Le grès à anthracite n'est au contraire recouvert par aucune autre formation; les mers se sont donc entièrement retirées de ces lieux à la fin de la période de transition. Mais si les traces d'une grande révolution sont évidentes, il n'est pas aussi facile de reconnaître si le surgissement d'une roche ignée correspond à cette époque, ni de spécifier la nature de cette roche dans le cas de l'affirmative. Peut-être faut-il placer là l'apparition de l'une des variétés de granite que l'on rencontre dans le département du Rhône et de la Loire? Dans aucun cas, le porphyre quartzifère ne paraît appartenir à cette époque; il est très-probable, par des raisons que nous exposerons plus tard, que cette roche s'est élevée du sein de la terre après la formation houillère.

Porphyre quartzifère.

Nous arrivons enfin à la description plus détaillée des *porphyres quartzifères*. Après tout ce que nous avons déjà dit sur les porphyres, il ne me reste que quelques mots à ajouter sur les diverses variétés principales de cette roche et sur sa position et ses relations géologiques.

Le porphyre quartzifère forme plusieurs chaînes principales et des filons intermédiaires.

Le porphyre quartzifère apparaît en dehors du terrain tertiaire dans toutes les parties du département qui sont situées au nord de Feurs. Il constitue deux chaînes sensiblement continues et parallèles non loin des limites des départements du Rhône et du Puy-de-Dôme, et pénètre en outre dans les terrains siluriens et anthraxifères sous forme de buttes et de filons isolés, de directions très-variables, filons qui, très-probablement, ne sont que les branches latérales des deux chaînes porphyriques principales.

(Cartes nos 87, 86, 51, de Cassini.)

La chaîne occidentale prend son origine à Saint-Just en Chevalet, mais, déjà plus au sud, la montagne isolée d'Urfé doit sans doute en partie son élévation aux puissants filons de porphyre quartzifère qui la traversent, et pourrait ainsi être regardée comme le premier jalon de cette chaîne. Au nord de Saint-Just, elle s'élève brusquement vers le sommet des bois de la Madelaine, puis s'abaisse de nouveau insensiblement jusqu'à Saint-Martin-des-Teaux, et se prolonge même au delà du département jusqu'aux environs de Donjon. Une chaîne parallèle, moins élevée et moins longue, se dessine nettement aux environs de Cheriez, mais apparaît déjà en massifs isolés à la hauteur de Cremeaux et de Saint-Polgue; vers le nord, elle constitue la crête d'Arcon, puis les coteaux qui dominent Renaison et Saint-Haon, plus loin, les hauteurs d'Ambierle, et passe enfin par Saint-Bonnet-des-Quarts, pour rejoindre la chaîne principale dans les environs de Saint-Martin.

Les deux chaînons sont séparés l'un de l'autre au sud par les sources ou affluents principaux du Renaison, et vers le nord par les sources de la Tessone. Le porphyre quartzifère ne constitue toutefois pas exclusivement les deux chaînes. Une partie de l'arête culminante des bois de la Madelaine, et quelques massifs aux environs de Saint-Haon, de Changy et de la Pacaudière, sont granitiques. Ces derniers se présentent au milieu du porphyre, comme de grandes lentilles allongées parallèlement à la chaîne; le granite, à son tour, est traversé par des filons porphyriques, preuve certaine de son antériorité. On peut en observer plusieurs sur la route de Saint-Haon au col de la

Croix-du-Sud ; ils sont tous dirigés parallèlement à la chaîne principale, savoir entre les heures 12 et 1 (nord véritable un peu ouest). Toutefois les masses principales de porphyre, celle du bois d'Ambierle, celle de la crête d'Arcon, de Saint-Bonnet-des-Quarts, etc., sont d'ailleurs orientées de la même manière, en sorte qu'il serait difficile de ne pas reconnaître là la véritable direction du porphyre quartzifère.

Direction du porphyre quartzifère : N. quelques degrés O.

On rencontre aussi çà et là, enclavé au milieu du porphyre des deux chaînons, des lambeaux du terrain silurien et anthraxifère : ainsi, au col qui relie les vallées du Renaison et de l'Ysable du grès feldspathique verdâtre d'apparence porphyrique, et dans la commune de Noé des grès siluriens.

Chaîne porphyrique orientale.

Passons à la chaîne qui limite le département de la Loire à l'est. Elle commence à se dessiner à Violay, où apparaissent de fortes masses porphyriques; peut-être même faut-il déjà considérer comme ses premiers éléments au sud les hauteurs qui dominent Panissière. Vers le nord, la chaîne coupe à Pin-Bouchain la route de Paris à Lyon, s'abaisse vers l'Amplepuy, pour se relever du côté de Thizy, et atteindre sa plus grande élévation aux bois de la Rotecorde, près de Belmont. Au delà de ce bourg, la chaîne se déprime considérablement, et se termine à la vallée du Botoret. Les lambeaux de terrain de transition ne manquent pas plus au milieu de ce porphyre que dans la chaîne occidentale. On rencontre le grès entre Amplepuy et Maschezal, et le terrain silurien aux environs de Thizy et de Sevélinges. Le porphyre ne paraît même en général qu'en sommets plus ou moins isolés au milieu du terrain de transition.

La direction des buttes porphyriques, entre

Diverses chaînes porphyriques dans le département du Rhône.

Violay et Belmont, est sud un peu est, vers le nord un peu ouest. Les deux chaînes sont donc parfaitement parallèles. Dans l'intérieur du département du Rhône on reconnaît facilement par l'inspection des cartes 86 et 87 de Cassini, que les montagnes du Beaujolais sont toutes orientées suivant des chaînes parallèles à celles que je viens de signaler; on peut citer la chaîne entre la partie supérieure de la vallée du Rhin et celle de l'Azergue, chaîne dont l'origine se trouve aux environs de Tarrare, ou déjà à Affoux; ensuite la chaîne parallèle de la rive gauche de l'Azergue et quelques autres chaînons de moindre importance. M. Fournet a signalé ce parallélisme dans sa description géographique des environs de Lyon.

Je n'ai point visité ces contrées, mais je sais que les terrains anthraxifère et silurien et le porphyre quartzifère sont les principales formations que l'on y rencontre, et par suite il est probable que là, comme dans le département de la Loire, c'est au surgissement du porphyre quartzifère qu'il faut attribuer la direction nord-sud des diverses chaînes.

La direction des porphyres quartzifères correspond au troisième système de soulèvement de M. Élie de Beaumont.

Le porphyre paraît postérieur au terrain houiller.

Cette direction du porphyre quartzifère correspondrait au 3e soulèvement de M. Élie de Beaumont, celui du *nord de l'Angleterre*; et si le principe du parallélisme des chaînes, posé par ce célèbre géologue, est exact, il faudrait en conclure que notre porphyre quartzifère est postérieur au terrain houiller. Nous avons vu plus haut, qu'il a réellement surgi du sein de la terre postérieurement aux terrains de transition, et antérieurement au dépôt du lias, mais que son âge, relativement au terrain houiller, était douteux vu l'absence de tout contact entre les deux forma-

tions. Je dois néanmoins rappeler ici que le terrain houiller de Saint Étienne, dans ses parties les plus éloignées de la chaîne du Pilas, affecte en général la direction nord-sud, en particulier dans les vallées du Furens, de Roche-la-Molière, de Villards et du Cluzel. Il ne serait pas impossible que le redressement des couches suivant cette direction fût contemporain de l'apparition du porphyre quartzifère. Les montagnes granitiques du Forez, entre Montbrison et Saint-Bonnet-le-Château, paraissent aussi avoir éprouvé un soulèvement nord-sud. On n'y trouve cependant aucun filon porphyrique.

Quelques mots encore sur les principales variétés du porphyre quartzifère. Le porphyre de la chaîne orientale est généralement à pâte compacte, rougeâtre, avec de grands cristaux de feldspath lamelleux, rosé ou blanc; on trouve de fort beaux échantillons de cette espèce à Violay, Amplepuy, Thizy, Mas-Chezal, etc.; vers le nord, aux environs de Belmont, le porphyre rouge perd les cristaux de feldspath; et à part les petits noyaux bipyramidés de quartz et les nodules de stéatite verdâtre (ou pinite non cristallisée), la roche se réduit à une masse feldspathique, homogène, rougeâtre et généralement cristalline. La plupart des buttes et filons porphyriques isolés de la rive droite de la Loire sont formés, comme la chaîne orientale, par un porphyre rouge à grands cristaux de feldspath. Ces buttes, assez rares sur les bords de la Loire, sont très-nombreuses dans la proximité de la chaîne principale, et paraissent s'en détacher comme autant de ramifications. L'aspect général du terrain se ressent de leur inégale répartition. Le sol, lar-

Diverses variétés du porphyre quartzifère.

gement ondulé au centre du département dans les environs de Neullize et de Lay, devient plus accidenté, offre des pentes plus roides et même quelques escarpements dans le voisinage des masses d'origine ignée. Sur la rive gauche de la Loire, le sol est généralement plus bouleversé et la nature des porphyres plus variée. Le porphyre de la plupart des filons qui percent le terrain anthraxifère dans les environs de Bully, Dancé, Amions et Saint-Paul-de-Vézelin, est encore à pâte rougeâtre; toutefois sa teinte pâlit fréquemment, et devient presque blanche ou d'un gris clair. On voit de nombreux exemples de ces changements en suivant les bords de la Loire, depuis Villerest et la papeterie du Perron jusqu'à Saint-Priest-la-Roche. On voit aussi dans ces localités des filons très-nets de porphyre traverser le terrain anthraxifère et même empâter quelques fragments de grès. On peut apprécier enfin l'influence que le porphyre a eue sur la compacité et la cristallinité des grès; ils sont et plus durs et plus compactes, mais non plus feldspathiques au contact de cette roche.

Beau porphyre de St-Maurice. Au-dessous de Saint-Maurice, un fort beau porphyre, que l'on pourrait facilement se procurer en blocs de grande dimension, mériterait d'être exploité pour vases et objets d'ornements.

Les porphyres de la chaîne occidentale sont extrêmement variés; on peut les étudier parfaitement bien en suivant depuis Saint-Priest-la-Prugne, le pied des bois de la Madelaine jusqu'à Saint-Just en Chevalet. Entre Saint-Priest et le hameau de la Vernassière domine le porphyre à pâte rouge, tantôt cristalline, tantôt compacte, renfermant tantôt de grands, tantôt de petits

cristaux de feldspath. Arrivé au hameau de la Vernassière on voit la pâte porphyrique passer du rouge au rose, puis au blanc et au gris plus ou moins foncé. Les mêmes variétés alternent entre elles et passent de l'une à l'autre, plusieurs fois de suite jusqu'à la Chambodie. Plusieurs espèces sont même à pâte presque *noire*; cette espèce se montre au hameau de Plasson, à une faible distance au nord de la Chambodie. On le retrouve encore dans les escarpements qui dominent Saint-Just, et le long desquels passe la route de Roanne à Clermont. Sur la hauteur en avançant vers la crête de la Madelaine, on peut de nouveau observer le passage du porphyre à pâte noire au porphyre à pâte grise et rosée. Le porphyre quartzifère à pâte grise ou noire contient toujours de grands cristaux blancs lamelleux de feldspath fréquemment hémitropes; ce caractère seul suffirait pour le distinguer très-nettement du grès anthraxifère gris foncé, d'apparence porphyrique; ce dernier renferme de *petits grains irréguliers*, mais jamais *de véritables cristaux* de feldspath. Mais il est encore caractérisé par la rareté du mica, l'absence complète des petits fragments de schistes siluriens et par les nodules de cette matière terreuse verte qui est particulière au porphyre quartzifère.

Porphyre à pâte noire.

En poursuivant plus au nord la chaîne porphyrique on rencontre, aux environs de Saint-Riram, un porphyre rouge, sans cristaux apparents de feldspath, et tout à fait analogue à celui qui constitue, auprès de Belmont, également l'extrémité nord de la chaîne orientale. Ce porphyre est particulièrement répandu dans les bois d'Ambierle,

Porphyre rouge compacte.

et entre Saint-Bonnet-les-Quarts et Saint-Martin-des-Teaux.

Diverses eurites compactes.

Les porphyres du département de la Loire passent rarement aux eurites tout à fait compactes. Il existe cependant au pied du mont d'Urfé, près d'Urval, des filons d'eurite compacte d'un blanc bien pur; à Vialas, aux environs de Saint-Just en Chevalet, une eurite terreuse, également blanche; et près de Neullize, des masses d'eurites jaunâtres quartzifères.

Filons métallifères produits par le porphyre quartzifère.

Je dois rappeler ici, avant de terminer, que la formation des filons métallifères et celle des filons quartzeux et calcaires semblent intimement liées au surgissement des porphyres quartzifères; c'est ainsi que le filon calcaire de Champoly, cité plus haut, est au milieu du porphyre quartzifère. Au contact des deux roches, le porphyre a l'apparence d'une brèche par le grand nombre des fragments anguleux calcaires qu'il tient empâtés. A la Bombarde, sur la route de Roanne à Clermont, et à Grézolle, on connaît des filons semblables.

De nombreux filons quartzeux sont décidément d'origine contemporaine avec le porphyre. A la Chambodie, près de Saint-Just en Chevalet, paraît un puissant (5 à 6 mètres) filon de quartz blanc qui se perd insensiblement en veinules quartzeuses au milieu du porphyre; il y a plus, on reconnaît facilement que le porphyre est très-quartzeux près du filon, et passe même insensiblement au quartz pur.

Enfin, nous avons vu que l'on ne connaît aucun filon métallifère au milieu du porphyre quartzifère, ce qui prouve qu'ils ne sont au moins pas d'une origine postérieure à cette roche. Et la circonstance qu'ils existent au milieu du porphyre

granitoïde et du terrain anthraxifère, et néanmoins toujours dans le voisinage du porphyre quartzifère, doit faire présumer que leur formation a été une conséquence de l'apparition de ce dernier.

Il est même probable que les filons de quartz et de baryte sulfatée, qui signalent le contact du granite et du porphyre granitoïde, doivent également leur origine au porphyre quartzifère.

Je vais résumer les principaux résultats auxquels conduisent les observations citées dans ce mémoire. Résumé.

1° Le terrain primitif se compose, dans le département de la Loire, d'un granite schisteux auquel succèdent le gneiss, le mica-schiste et le schiste argilo-talqueux. La direction des couches varie entre les heures 3 et 4; leur inclinaison est généralement très-forte.

2° A la base du terrain de transition, on trouve des conglomérats et grès de quartz blanc lustré, et des schistes vert clair, légèrement satinés avec de petits lits de quartz lydien. Ces couches, isolées en lambeaux peu étendus au milieu du porphyre quartzifère, n'ont aucune direction déterminée; leur plongée est forte. Elles ne paraissent renfermer aucun débris organique, et représentent sans doute le *terrain cambrien*.

3° Suivent les grès argilo-quartzeux contenant des galets du terrain précédent; avec les grès alternent des schistes d'une teinte généralement foncée et des calcaires bitumineux gris bleuâtre contenant des fossiles de l'*étage silurien*. Les couches n'offrent aucune régularité dans leur direction; la plongée est peu considérable.

4° Les schistes et calcaires siluriens sont géné-

ralement couverts, *en stratification transgressive, par un grès feldspathique avec couches d'anthracite*. À la base du grès existe un conglomérat formé par les débris de tous les terrains antérieurs, et en outre par les fragments d'un porphyre très-feldspathique (porphyre *granitoïde*). Ce terrain à anthracite constitue un troisième étage dans la période de transition que je désigne par le nom de *terrain silurien anthraxifère*, ou plus simplement terrain ou *étage anthraxifère*. Les couches, très-bouleversées par le porphyre quartzifère, n'ont aucune direction constante. Une action ignée a fréquemment transformé les grès en une roche d'apparence porphyrique que l'on a confondue, tantôt avec des mélaphyres, tantôt avec des diorites.

5° Sur le terrain anthraxifère repose directement le terrain jurassique, ou même, dans certaines parties, les sables ou argiles tertiaires. Le terrain houiller du département apparaît isolé au milieu des roches primitives.

6° La plus ancienne roche éruptive est le *granite*. Il est postérieur aux terrains primitifs, antérieur au terrain houiller; il est même à peu près certain qu'au moins l'une des variétés de granite a paru avant le terrain silurien, et qu'il ne peut par conséquent être sorti du sein de la terre qu'immédiatement avant ou après le dépôt du terrain cambrien. C'est même très-probablement ce granite qui a imprimé aux schistes primitifs la direction de heure 3 à 4.

7° Après le dépôt du terrain silurien proprement dit a surgi un porphyre cristallin très-feldspathique que j'ai appelé *porphyre granitoïde*, à cause de son analogie avec certains granites. Les

fentes d'éruption paraissent orientées suivant hora 11. Des débris de ce porphyre, et pendant son éruption, qui a eu lieu au sein de la mer, a *été* formé le grès anthraxifère.

8° Le *porphyre quartzifère* a paru après le dépôt du grès anthraxifère, et même, très-probablement, postérieurement au groupe carbonifère. Sa direction est *nord quelques degrés ouest, sud quelques degrés est*, parallèle au système du nord de l'Angleterre, de M. E. de Beaumont. Il forme plusieurs chaînes parallèles principales et un grand nombre de filons et buttes isolés qui sont comme autant de ramifications de ces chaînes.

9° Il n'est pas probable que la révolution qui a mis fin à la période de transition ait été déterminée par une roche éruptive visible dans le département. Ce ne pourrait être, dans tous les cas, que l'une des variétés de granite, et même seulement, s'il est vrai que les diverses variétés de cette roche n'ont pas surgi du sein de la terre dans une seule et même période géologique.

NOTE

Sur un oxyde de manganèse natif alcalifère;

Par M. EBELMEN, Ingénieur des mines.

On a découvert, il y a trois ans environ, à Gy (Haute-Saône), en faisant des fouilles superficielles, un gîte de minerai de manganèse, dont la position géologique et la composition chimique présentent quelque intérêt. On a entrepris sur cet affleurement des travaux de recherches, mais ils n'ont été poussés qu'à une petite profondeur, parce que le minerai était mêlé de trop de calcaire pour qu'on pût l'employer avec avantage à la préparation du chlore. Dans quelques essais faits, lors de la découverte, sur la demande du propriétaire du terrain, j'avais cherché à déterminer la proportion de chlore que le minerai pouvait produire, et celle d'acide hydrochlorique consommée dans l'opération. Ayant eu occasion, depuis cette époque, de faire une nouvelle reconnaissance du gisement de cette substance, et frappé de l'aspect tout particulier qu'elle présente, je l'ai soumise à un examen plus rigoureux, dont je donne les résultats dans cette note.

Le minerai de manganèse de Gy se compose de noyaux plus ou moins volumineux, d'une matière fibreuse, faiblement métalloïde d'un gris foncé, à poussière noire, qui se trouvent engagés dans une gangue formée de chaux carbonatée en petits cristaux, et d'argile ferrugineuse. Cette ma-

tière est très-tendre et très-poreuse. On peut la couper au couteau. Elle s'écrase entre les doigts, qu'elle tache comme la plombagine. Pour l'examiner, j'ai séparé du minerai, par un triage, une certaine quantité de matière fibreuse que j'ai laissée pendant quelques jours en digestion avec de l'acide nitrique étendu et froid, pour enlever tout le carbonate de chaux. Elle a été lavée plusieurs fois à l'eau bouillante, ensuite desséchée, à l'air d'abord, puis dans le vide sec.

La densité du minéral, ainsi purifié, a été trouvée de 4,37 à 17°.

Chauffé dans un tube fermé par un bout, le minéral abandonne une petite quantité d'eau vers 140° ou 150° sans changer d'aspect. On peut le chauffer au rouge sombre sans qu'il abandonne notablement d'oxygène. Il est inattaquable par l'acide nitrique, même concentré et bouillant. L'acide sulfurique concentré le décompose complétement à l'aide de la chaleur. Il se dissout facilement dans l'acide hydrochlorique en dégageant du chlore et en laissant pour résidu quelques flocons de silice. La dissolution précipite par l'acide sulfurique. La liqueur, séparée du sulfate de baryte, donne, par l'hydrosulfate d'ammoniaque, un précipité d'un blond un peu sale, qui est du sulfure de manganèse mélangé d'une petite quantité de fer, mais sans une trace d'alumine. On filtre, on chasse par l'ébullition l'excès d'hydrosulfate d'ammoniaque, et on filtre de nouveau pour se débarrasser du soufre. La liqueur ne précipite pas par l'oxalate d'ammoniaque, ce qui prouve qu'elle ne contient pas de chaux. En évaporant la liqueur à siccité et calcinant pour chasser les sels ammoniacaux, on

obtient un résidu en partie soluble dans l'eau. La liqueur contient un sel de potasse, mêlé d'une petite quantité de magnésie. Le reste de la magnésie se trouve dans le résidu insoluble dans l'eau.

L'existence de la potasse dans le minéral est très-facile à constater, en chauffant une certaine quantité de matière à la chaleur d'une lampe à alcool dans un courant d'hydrogène. La réduction s'opère avec incandescence, et l'on obtient une matière d'un vert clair qui, traitée par l'eau, donne une liqueur fortement alcaline. L'eau froide ne dissout que de la potasse. L'eau bouillante enlève à la fois de la potasse et de la baryte, mais il faut en employer un grand excès pour dissoudre tout l'alcali, et l'on trouve constamment dans la liqueur, avec les deux bases, une trace de manganèse. En évaporant à siccité avec du carbonate d'ammoniaque, et reprenant par l'eau, on sépare la baryte. La liqueur filtrée, saturée par l'acide hydrochlorique et suffisamment concentrée, précipite abondamment par le chlorure de platine. Une autre partie de la liqueur a été évaporée à siccité, et la composition du chlorure alcalin obtenu pour résidu a été déterminée au moyen du nitrate d'argent.

0gr.,165 de chlorure alcalin chauffé au rouge sombre ont donné 0gr.,314 de chlorure d'argent.

On peut s'assurer que cette composition correspond à celle du chlorure de potassium, puisque 0gr.,165 de cette matière donneraient 0gr.,317 de chlorure d'argent.

Indépendamment des substances reconnues dans les essais qui précèdent, j'ai recherché si le

minéral ne renfermait pas de matières organiques, d'ammoniaque et d'acide hydrofluorique.

Lorsqu'on chauffe une quantité un peu considérable de matière dans un tube de verre vert, jusqu'au point de le ramollir et qu'on recueille le gaz dans de l'eau de baryte, on obtient une trace de carbonate de baryte. M. Vogel avait déjà constaté par ce moyen la présence d'une petite quantité de matières organiques dans presque tous les minerais de manganèse.

Lorsqu'on traite le minéral par l'acide sulfurique concentré, en faisant passer le gaz dans l'eau de baryte, on obtient encore un dépôt fort peu abondant de carbonate de baryte, entièrement soluble dans l'acide nitrique étendu. Si le minéral eût renfermé de l'acide fluosilicique, on aurait produit dans cette expérience du fluosilicate de baryte insoluble dans l'acide nitrique faible.

Lorsqu'on broie le minéral avec de la chaux et qu'on chauffe légèrement le mélange, il ne se dégage pas une trace d'ammoniaque.

Le procédé que j'ai suivi pour l'analyse du minéral diffère peu de celui que j'ai décrit plus haut pour les essais qualitatifs. J'ai précipité la baryte de la dissolution hydrochlorique au moyen de l'acide sulfurique faible employé sans excès. Le fer et le manganèse ont été dosés ensemble; les oxydes ont été redissous dans l'acide hydrochlorique et séparés par le carbonate d'ammoniaque. La séparation de la potasse et de la magnésie est une opération assez délicate. De tous les procédés que j'ai essayés, le suivant m'a paru le meilleur :

Les deux bases étant dissoutes dans l'acide hydrochlorique et mélangées d'hydrochlorate d'ammoniaque, on évapore le tout à siccité dans une capsule très-mince de porcelaine, qu'on peut chauffer ensuite sur une lampe à alcool de manière à chasser tout le sel ammoniac sans fondre ni volatiliser de chlorure alcalin. On reprend par l'eau qui laisse déjà un résidu de magnésie. On ajoute à la liqueur contenue dans la capsule un excès d'ammoniaque, et l'on voit se produire un nouveau dépôt floconneux d'hydrate de magnésie. On évapore de nouveau à siccité, on chauffe à la lampe pour volatiliser le sel ammoniac produit, et l'on recommence cette opération sept à huit fois, ou plutôt jusqu'à ce que l'addition de l'ammoniaque ne produise plus de précipité dans la liqueur et que le résidu chauffé à la lampe ne donne plus de fumée. Alors on reprend par l'eau chaude. On filtre, et on a dans la liqueur le chlorure alcalin. La matière qui reste sur le filtre est calcinée après avoir été arrosée d'acide nitrique pour chasser les dernières portions de chlore. C'est de la magnésie mêlée d'une petite quantité d'oxyde de manganèse qui la noircit. Dans toutes mes analyses, j'ai trouvé constamment avec la magnésie une petite quantité de manganèse, ce qui prouve que la précipitation de ce métal au moyen de l'hydrosulfate d'ammoniaque n'est pas absolue.

J'ai aussi déterminé la proportion d'alcali en traitant par l'eau la matière réduite par le gaz hydrogène. Mais j'ai toujours obtenu un peu moins d'alcali par ce moyen que par le précédent, ce qui tient sans doute à ce qu'il se produit dans la réduction une combinaison de protoxyde de

manganèse et de potasse, que l'eau détruit difficilement d'une manière complète.

L'eau a été dosée directement. L'oxygène a été déterminé en faisant passer le chlore, provenant de l'attaque du minéral par l'acide hydrochlorique, dans une dissolution d'acide sulfureux à l'abri du contact de l'air et précipitant l'acide sulfurique formé par le chlorure de barium. 1 de sulfate de baryte correspond à 0,0686 d'oxygène.

On ne peut pas doser l'oxygène par la calcination du minéral, connaissant la quantité d'eau qu'il abandonne et la perte de poids totale. Le manganèse se transforme bien en oxyde rouge, mais il se volatilise en même temps une quantité notable de potasse. En reprenant par l'eau, la liqueur est alcaline et tout à fait incolore : il ne se forme donc pas dans cette opération de manganate de potasse, quoique toutes les conditions nécessaires à la formation de cette substance paraissent ici réunies. La quantité de potasse devenue libre, et qu'on peut enlever par l'eau bouillante après la calcination du minéral, est la moitié à peu près de celle qu'il contient.

L'expérience suivante permet d'expliquer comment il se fait que la calcination du minéral n'ait pas produit de manganate de potasse. J'ai pris 10 gr. de peroxyde de manganèse bien pur, provenant de la décomposition du nitrate, et j'ai mouillé la poussière uniformément avec une dissolution aqueuse de potasse contenant $0^{gr.},6$ d'alcali. La matière a été placée dans un creuset de platine qu'on a introduit dans un creuset de terre, et le tout a été chauffé très-fortement

pendant 20 minutes. La matière refroidie, reprise par l'eau, a donné une liqueur incolore, fortement alcaline, qui ne renfermait pas une trace de manganèse. Le résidu du lavage était de l'oxyde rouge de manganèse. Ainsi il est nécessaire, pour la formation du caméléon à l'abri du contact de l'air, qu'il y ait excès d'alcali, et ce fait peut s'expliquer par la tendance qu'a l'oxyde rouge à se transformer en deutoxyde, en désoxydant l'acide manganique formé, lorsque la matière se refroidit.

Le dosage de l'oxygène ne peut pas non plus s'effectuer d'après la perte de poids du minéral chauffé dans un courant d'hydrogène, puisqu'une partie de l'eau formée dans la réduction peut rester en combinaison avec l'alcali.

Voici les nombres fournis par l'analyse :

		Oxygène.	
Eau.	1,67	1,48	
Oxygène.	14,18	14,18	
Protoxyde de manganèse.	70,60	15,49	
Peroxyde de fer.	0,77	0,23	
Baryte.	6,55	0,68	
Potasse.	4,05	0,69	1,78
Magnésie.	1,05	0,41	
Silice.	0,60		
	99,47		

On voit, d'après cette composition, que le minéral contient le manganèse à deux états différents d'oxydation. La supposition la plus simple, et celle qui s'accorde le mieux avec les caractères de la substance, consisterait à la regarder comme renfermant à la fois du peroxide et du deutoxyde

de manganèse. En calculant d'après cette donnée on aurait, en considérant le fer comme se trouvant à l'état de mélange :

Oxygène	du peroxyde $(\ddot{mn})$. . . .	25,74
Id.	du deutoxyde $(\dddot{mn})$. . . .	3,93
	des bases (k. Ba. mg.). . .	1,78

On ne voit pas de rapport simple entre ces nombres, et l'on ne peut pas établir, d'après eux, une formule qui ait quelque probabilité. Si l'on admettait dans le minéral de l'acide manganique et du protoxyde de manganèse qui jouerait le même rôle que la baryte, la potasse et la magnésie, on trouverait :

Oxygène de l'acide manganique $(\dddot{mn})$. .	21,27		2
du protoxyde de manganèse $(\dot{mn})$.	8,40	10,18	1
des autres bases.	1,78		

On serait conduit à considérer le minéral comme un manganate sesquibasique. Mais cette formule qui s'accorde très-bien avec les résultats de l'analyse, ne paraît pas en rapport avec les caractères chimiques du minéral qui ne cède aucune portion de ses bases à l'acide nitrique concentré et qui est inattaquable par les carbonates alcalins en dissolution. Lorsqu'on fait digérer la substance avec une dissolution de potasse caustique et qu'on fait passer à travers celle-ci un courant de chlore, il se forme surtout à chaud une quantité notable d'hypermanganate alcalin qui colore la liqueur en rouge foncé, mais cette propriété n'est pas particulière au minéral puisqu'on peut constater le même fait sur tous les oxydes hydratés de manganèse et même sur de la pyrolusite (1).

(1) J'ai essayé de séparer le fer du manganèse, en les

Si les caractères extérieurs du minéral ne suffisaient pas pour le faire regarder comme une matière homogène, l'expérience suivante tendrait à le prouver. En faisant passer un courant de chlore desséché par du chlorure de calcium, sur le minéral chauffé dans un tube de verre à la chaleur d'une lampe à esprit-de-vin, on le décompose en partie, et en reprenant par l'eau on dissout des chlorures de manganèse, de baryum et de potassium. Le résidu a le même aspect que le minéral lui-même, et l'analyse m'a donné une composition presque identique avec celle qui est indiquée plus haut. En prolongeant l'action du chlore, on peut rendre le minéral complétement soluble dans l'eau. Si cette matière était un mélange de différentes combinaisons, il est bien probable qu'elles seraient attaquées par le chlore d'une manière inégale, et la composition du résidu varierait avec la durée de l'opération.

Dans beaucoup d'échantillons du minerai de

---

précipitant tous les deux par un excès de potasse, et faisant passer dans la liqueur chauffée un courant de chlore pour redissoudre le manganèse; mais je n'ai pas pu réussir d'une manière complète, même en opérant sur des mélanges qui ne renfermaient que quelques centièmes d'oxyde de manganèse. Le procédé réussit beaucoup mieux avec l'oxyde de chrôme. Quand on ajoute à une dissolution de chlorure de chrôme un excès d'hypochlorite de potasse, on voit la liqueur passer du vert au jaune sans qu'il y ait de précipité, et elle contient alors du chromate alcalin. Cette propriété permet de séparer commodément l'oxyde de chrôme des oxydes de fer et de l'alumine en dissolution dans un acide. Il suffit d'ajouter à la liqueur de l'hypochlorite renfermant un excès de potasse. Le peroxyde de fer se dépose seul. On sature la liqueur d'acide nitrique, et on précipite l'alumine par le carbonate d'ammoniaque.

Gy, on peut remarquer des parties fibreuses dont la teinte est sensiblement brune et diffère de celle du minéral que je viens de décrire. Cette différence tient à un commencement de décomposition. Les noyaux fibreux ainsi altérés, traités par l'acide nitrique faible, lui cèdent une trace de baryte, ce qui n'arrive jamais avec le minéral qui a conservé son éclat métallique.

On trouve aussi dans le minerai de Gy des plaquettes d'une matière à cassure compacte, d'un noir pur, sans aucun éclat métallique et dont l'aspect diffère complétement de celui du minéral fibreux. Sa poussière est noire et ne tache pas les doigts. Sa densité est de 4,24. Je l'ai analysé par les mêmes procédés que le minéral fibreux et j'ai obtenu les nombres suivants :

		Oxygène.
Eau.	2,65	2,35
Oxygène.	13,74	13,74
Protoxyde de manganèse.	68,30	14,98
Peroxyde de fer.	1,90	0,58
Baryte.	6,60	0,69
Potasse	3,98	0,68
Magnésie.	0,97	0,38
Silice.	0,27	
	98,41	

En faisant abstraction de l'eau et du peroxyde de fer, il est facile de voir que cette composition est identique avec celle du minéral fibreux, puisqu'on aurait :

Oxygène de l'acide manganique. . . .	20,61		2
— du protoxyde de manganèse.	8,09	9,84	1
— de la baryte, de la potasse et de la magnésie.	1,75		

Cette identité de composition entre une matière tout à fait compacte et le minéral fibreux

vient aussi à l'appui de l'opinion que j'ai présentée plus haut, relativement à l'homogénéité de cette matière. On trouve d'ailleurs des plaquettes tout à fait compactes, recouvertes de petits noyaux fibreux, et dans d'autres échantillons des plaques peu épaisses terminées par deux faces planes et formées de fibres normales à ces faces.

Les plaquettes se rencontrent disséminées en assez grande quantité dans la terre végétale qui recouvre les anciennes fouilles. Leur partie extérieure est formée par une couche de fer oxydé hydraté qu'on peut détacher facilement au moyen d'un couteau; la formation de cette matière me paraît due à une épigénie, résultat de la substitution lente de l'oxyde de manganèse et des bases qui y sont combinées à l'oxyde de fer contenu dans les dissolutions salines qui imprègnent la terre végétale.

Le fait suivant prouve l'influence que la présence de cette substance exerce sur la végétation. C'est en cherchant à défricher une petite étendue de terrain inculte isolé au milieu d'un canton de vignes qu'on a rencontré le gîte de minerai, et depuis cette époque on n'a pas pu parvenir à repeupler de vignes le terrain où le minerai est resté disséminé, bien que la terre végétale y ait la même épaisseur que dans le voisinage. C'est probablement à la baryte mise en liberté par la décomposition lente du minéral que l'on doit attribuer ce résultat.

Le minerai de Gy paraît avoir rempli une cavité de forme irrégulière creusée dans les couches calcaires de la partie supérieure du deuxième étage jurassique, à peu près à la hauteur des calcaires à Astartes. On sait que les formations calcaires pré-

sentent très-fréquemment des grottes et des boyaux sinueux qui tantôt sont vides et tantôt sont remplis de matières qui ont été déposées postérieurement à leur creusement. Le dépôt du manganèse de Gy est évidemment le produit d'une action chimique, et le minéral a dû se former dans l'endroit même où il a été découvert et qui se trouve sur le penchant et à la moitié de la hauteur d'une montagne élevée au pied de laquelle est bâtie la petite ville de Gy. Le sol de la plaine située au-dessous de Gy présente les sables verts, les marnes et les calcaires du terrain néocomien en couches peu inclinées. Les couches du troisième étage jurassique plongent au contraire de 20 à 25° vers le nord-ouest. A mesure qu'on s'élève on trouve des couches de plus en plus anciennes. Le sommet de la montagne qui domine Gy est constitué par les calcaires du premier étage jurassique, dont les couches s'infléchissent en forme de voûte et plongent sous les marnes oxfordiennes des deux côtés de l'axe du soulèvement dont la direction est du nord-est au sud-ouest.

NOTICE

Sur plusieurs explosions arrivées dans les hauts-fourneaux, du département des Ardennes, et considérations sur les causes qui les ont produites;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

Un grand nombre de fourneaux du département des Ardennes marchent aujourd'hui au bois torréfié et à l'air chaud. L'économie qui est résultée de l'emploi de ces deux procédés est incontestable, et les maîtres de forge qui les ont adoptés n'ont eu jusqu'à présent qu'à se féliciter d'être entrés dans cette voie de progrès. Quelques accidents graves, dont je vais rendre compte, arrivés dans plusieurs hauts-fourneaux marchant au charbon de bois, sont venus jeter le découragement parmi les industriels, et les effrayer sur la conséquence de l'emploi des nouvelles méthodes, auxquelles naturellement ils attribuent ces phénomènes inusités. Bien que leurs craintes me paraissent exagérées, je ne puis cependant me dissimuler que ces accidents sont dus, non à l'air chaud, comme plusieurs maîtres de forge sont tentés de le croire, mais au moins à l'emploi du bois torréfié. Je vais faire connaître avec détail les circonstances qui ont précédé et accompagné les explosions, et je donnerai ensuite l'explication qui me paraît la plus probable. Je ferai voir qu'avec de grands soins dans la conduite des fourneaux, il est possible de les éviter, et que, dans tous les cas, il

Objet de cette notice.

faut bien se garder d'en rien conclure de désavantageux contre un procédé qui a amené une grande économie dans la consommation des combustibles, et qui se répand chaque jour davantage.

Cinq explosions ont eu lieu en trois ans.

Cinq explosions, dont trois surtout ont présenté beaucoup de gravité, ont eu lieu dans une période de trois ans. Les quatre dernières sont arrivées, pour ainsi dire, coup sur coup. La première se fit dans le fourneau de Vendresse, arrondissement de Sedan, lequel marchait au bois torréfié et à l'air froid; les matières ont été projetées hors de l'appareil par le gueulard. La seconde et la troisième se sont présentées à quelques jours d'intervalle dans le fourneau des Mazures, arrondissement de Rocroy, qui marche au vent chaud et au bois torréfié mélangé de charbon; la première fois les matières ont été lancées par le gueulard, et la seconde fois par la tympe. La quatrième explosion eut lieu dans le haut-fourneau de la Commune, arrondissement de Mézières; les projections se firent par la tympe. Enfin, la cinquième fut observée dans le fourneau de Fade, arrondisment de Mézières, lequel se vida en grande partie par le gueulard. Les fourneaux de la Commune et de Fade marchent tous deux avec un mélange de charbon et de bois torréfié et au vent chaud.

Je n'ai point eu connaissance en temps utile de l'accident de Vendresse, et les circonstances précises qui l'ont déterminé ne me sont point connues. Les deux explosions des Mazures, qui du reste n'ont pas présenté beaucoup de gravité, ne m'ont été connues que plus tard et lors de l'événement de la Commune. C'est ce dernier et celui de Fade que je vais relater avec quelque détail.

Le 18 décembre 1840, pendant la soirée, une demi-heure après la coulée de la fonte, un courant de gaz sortit avec violence de la partie inférieure du fourneau au-dessus du creuset. Une forte détonation se fit entendre. Deux hommes qui se trouvaient dans la direction du courant furent renversés et brûlés; l'un d'eux, cherchant à se sauver, se jeta au milieu des projectiles encore rouges que l'on venait de couler; on ne le retrouva qu'au milieu de la nuit, entièrement brûlé; l'autre mourut le lendemain. Trois autres ouvriers furent assez grièvement blessés. Le feu se communiqua aux bâtiments de l'usine. Explosion du haut-fourneau de la Commune.

En étudiant les circonstances dans lesquelles se trouvait le haut-fourneau avant l'explosion, on reconnaît que cet appareil marchait irrégulièrement depuis une huitaine de jours, que les charges descendaient par chutes successives, et que sur les 45 à 50 que l'on faisait dans les 24 heures, 4 à 5 présentaient cette allure irrégulière. Chaque descente brusque était accompagnée d'un jet de gaz qui s'élevait au-dessus du gueulard plus haut qu'à l'ordinaire. Pendant cette période de huit jours l'embrasure de la tuyère était complétement fermée, comme cela se pratique depuis quelque temps dans beaucoup d'usines. Quelques heures avant la coulée qui précéda l'accident, la fonte étant entièrement grise, on jeta, pour la blanchir, par la tuyère et à diverses reprises, environ 125 kil. de minerai. Marche du fourneau pendant les huit jours qui ont précédé l'accident.

Une heure avant cette coulée, il vint un laitier très-fluide, noir et chargé d'oxyde de fer, lequel annonce ordinairement une *chute de mine*. A ce moment on boucha la tympe, afin de se préparer à couler la fonte, et à cet effet on laissa la croûte

de laitier se durcir. On n'observa rien de particulier à la tuyère ; le vent soufflait avec force et régulièrement. On coula. Les trois trous de coulée sont disposés verticalement. On déboucha celui du milieu, on épuisa la fonte ; on en fit autant au trou inférieur, et l'on vida le creuset à quelques kilogrammes près. Au bout de quelques minutes, quand on voulut boucher complétement le trou du milieu, en repoussant le laitier qui s'était placé contre la plaque et en y insinuant un tampon de terre grasse, on obtint encore de la fonte à plein jet.

Un quart d'heure après, on mit dans le fourneau une nouvelle charge. Celle-ci descendit brusquement ; on en rejeta de suite une seconde. La flamme du gueulard sortait avec une grande vitesse et s'élevait très-haut. C'est alors que l'on aperçut des flammes bleues aux lézardes de la masse du fourneau sur toute la hauteur. Du gaz entrait par la tuyère et s'échappait en brûlant par les joints en mastic des tuyaux. Le creuset étant complétement bouché, les flammes ne se montrèrent pas à la tympe.

Quelques instants avant l'accident, le fondeur crut remarquer que l'ouverture de la buse était obstruée. Il pensa que le laitier s'élevait trop au-dessus de la fonte, et il se porta vers la tympe pour briser la croûte durcie de ce laitier. Dès qu'il eut retiré son ringard, il sentit, par l'issue qu'il venait de pratiquer, un très-fort courant, et il alla rapidement vers la pale de la roue afin de diminuer la vitesse de celle-ci, et par suite la quantité de vent ; l'explosion eut lieu avant qu'il y fût arrivé.

Le gaz, en sortant par l'étroite ouverture que

venait de faire le fondeur, projeta au dehors fonte et laitier. Le creuset fut vidé et le sol fut couvert d'une couche de 2 à 3 centimètres de laitier. Le gaz renversa les ouvriers qui tombèrent au milieu de ces matières rouges, en même temps qu'il les couvrait de fonte et de laitier en fusion.

Au gueulard on ne vit rien de bien digne de remarque; 50 à 60 kil. de minerai et de charbon furent projetés hors de l'appareil.

Par suite de l'explosion, les buses à air furent brisées; le vent cessa d'entrer dans le fourneau. A trois heures du matin, il manquait environ six charges, sorties en grande partie par la tympe lors de l'explosion. On remplit alors la cuve de charbon; ou boucha le fourneau, on le remit en activité deux jours après, quand tout fut réparé. Lors de ma visite, il marchait très-bien; les charges descendaient régulièrement sans secousses. On travaillait à tuyère ouverte.

Allure du fourneau pendant les deux mois qui ont précédé l'événement.

Si maintenant l'on recherche quelle était l'allure du fourneau pendant les deux mois qui ont précédé l'accident, on reconnaît qu'avant la période de huit jours qui vient d'être décrite, un refroidissement avait dû s'opérer dans l'appareil. Des laitiers s'étaient insinués dans la tuyère et en diminuaient la section; la quantité de vent introduite dans le fourneau était moindre qu'à l'ordinaire; on ne faisait plus que 30 charges en 24 heures, au lieu de 50. On avait travaillé pendant près de deux mois sans s'apercevoir de cette obstruction; on la découvrit enfin, et les choses avaient été remises en bon état.

Explosion du haut-fourneau de Fade.

L'accident de Fade arriva trois semaines après celui que je viens de décrire; personne n'en fut victime. Une forte explosion eut lieu, non par la tympe, mais par le gueulard, le 8 janvier, après

la coulée du soir. M. Lagard, propriétaire de l'usine, auquel j'avais fait part de ce que j'avais appris à la Commune, voulut s'assurer si une obstruction s'était produite dans le fourneau, et en conséquence il le laissa se refroidir complétement et le mit hors feu. Voici comment les choses se sont passées, et quelle avait été l'allure du fourneau quelques jours avant l'accident.

Allure du fourneau pendant les cinq jours qui ont précédé l'accident.

L'appareil à air chaud avait dû être réparé; on avait marché au vent froid pendant deux jours. C'est trois jours après la reprise de l'air chaud que l'événement est arrivé. Trente-six heures avant l'accident, les charges descendaient plus rapidement que d'habitude, et le jour même de l'explosion, qui eut lieu à 5 heures du soir, de 11 heures du matin à une heure, le chargeur ne pouvait plus suivre la marche du fourneau; il n'avait pas le temps de préparer la charge pendant que celle qu'il venait de jeter atteignait l'extrémité de la sonde. On dut l'aider, et l'on introduisit quatre nouvelles charges coup sur coup. Du reste, jusqu'au moment de la coulée, le fourneau fonctionna régulièrement. Pendant cette période de 36 heures, on fit aussi une modification à la charge. On porta à 5/6 en volume la proportion du bois torréfié, au lieu de 4/6 qu'on mettait auparavant, et l'on diminua proportionnellement la dose de charbon. Vers 4 heures 1/2 du soir, les gaz du gueulard étaient paisibles, leur souffle était faible.

Une minute avant l'explosion, une projection eut lieu à la tuyère (l'embrasure était restée toujours ouverte); les gaz qui enveloppaient l'appareil à air chaud détonèrent, un courant de gaz sortit par la tympe. Alors les projections commencèrent au gueulard; les fusées se produisirent pen-

dant deux minutes environ. Le fourneau fut presque entièrement vidé. En ce moment aussi, des flammes bleues sortirent par les lézardes et les interstices de la maçonnerie.

Phénomènes observés avant la restauration de l'appareil à air chaud.

Huit jours auparavant, avant la restauration de l'appareil à air chaud, une explosion avait eu lieu dans les gaz de cet appareil, mais elle n'avait pas été suivie de projection au gueulard. On avait aussi reconnu que des flammes bleues sortaient par les lézardes. On doit observer toutefois que la rapidité dans la descente des charges, ce calme des gaz du gueulard, enfin toutes ces irrégularités dans l'allure sont assez fréquentes, et qu'elles n'avaient jamais été suivies d'accidents graves.

Examen de la paroi intérieure du fourneau.

J'ai pu visiter l'intérieur du fourneau que j'ai parcouru sur toute sa hauteur. Les parois au-dessus de l'ouvrage étaient parfaitement lisses; aucune trace de matières adhérentes n'existait dans la cuve. En un mot, le fourneau ne présentait que les altérations de tous les appareils de ce genre qui ont fonctionné pendant un temps plus ou moins long. Si donc une obstruction a eu lieu dans le fourneau de Fade, elle a dû être instantanée, et n'a pas eu pour origine un cordon de matières à demi fondues, agglutinées contre la paroi de la cuve.

Circonstances identiques dans lesquelles se trouvent les fourneaux de la Commune et de Fade.

Les circonstances dans lesquelles se trouvent les deux fourneaux de la Commune et de Fade sont identiques; tous deux fondent des minerais en grains extrêmement fins, très-facilement fusibles et rendant environ 40 p. 0/0 de fonte; tous deux emploient comme combustible un mélange de charbon et de bois torréfié, que j'appellerai plutôt du bois sec, car il est rare qu'il perde, par suite de la torréfaction, plus des 30 centièmes de son poids. La proportion de bois s'élève souvent jusqu'aux 5/6 du volume total du combustible introduit.

La fonte obtenue est ordinairement grise ou truitée. Les formes intérieures diffèrent peu ; voici exactement celles du haut-fourneau de Fade :

Description du fourneau de Fade.

Hauteur totale.	8^m,40
Diamètre du gueulard.	0, 45
Diamètre au ventre (à 5^m,90 au-dessous du gueulard).	2, 10
Diamètre à l'origine des étalages à 1^m,75 au-dessus du fond du creuset.	0, 75
Diamètre à la hauteur de la tuyère. . .	0, 54
Distance de la tuyère au fond du creuset.	0, 49
Distance de la tympe au fond du creuset.	0, 43

Description de l'appareil à air chaud.

Quant à l'appareil à air chaud usité dans ces usines, il ne diffère des premiers appareils Taylor et autres qu'en ce que la flamme du gueulard accompagne les tuyaux à air jusqu'auprès de la tuyère; elle se rend de là dans une grande cheminée de tirage. Le gaz est pris à peu de distance au-dessous de la plate-forme du gueulard. La température de l'air s'élève souvent au-dessus de celle de la fusion du plomb; je ne sache pas qu'elle ait jamais été mesurée avec précision. Plusieurs maîtres de forge reprochent à cet appareil, dont M. Gronier est le constructeur, de marcher fort irrégulièrement, et de faire varier brusquement la température du vent. Je n'ai point eu occasion de vérifier cette assertion.

A l'exception de celui de Vendresse, les accidents ont eu lieu dans des fourneaux à l'air chaud.

Il est remarquable qu'à l'exception de l'accident survenu dans le haut-fourneau de Vendresse, les quatre autres se soient présentés, dans un intervalle de temps fort court, dans trois fourneaux mis récemment au régime du vent chaud. Malgré cette circonstance, qui paraît fournir une présomption contre l'emploi des appareils à air chaud, je suis porté à croire que la cause principale de ces graves accidents réside dans l'usage du bois torréfié. Les explosions ont eu lieu en effet pendant une allure irrégulière des fourneaux, et toutes ont été

précédées de chutes de mine et de descentes brusques dans les charges. Dans ces circonstances, une grande quantité de combustible peut et doit même arriver dans l'ouvrage, au point où la température est le plus élevée, avant d'être complétement carbonisé; il peut même y arriver presque cru. Là, il est soumis brusquement à un degré de chaleur considérable; sa décomposition s'opère rapidement; de grandes quantités de gaz inflammable se développent dans un temps fort court. Ce gaz peut s'accumuler dans les vides qui se forment au milieu des matières qui remplissent le fourneau, vides qui existent incontestablement au moment où la marche est irrégulière, où les chutes sont fréquentes. Il se trouve à peu de distance au-dessus de la tuyère, quelquefois même devant elle à une température fort élevée; il est en même temps comprimé par le poids des matières qui descendent. On conçoit alors qu'il se combine avec l'oxygène atmosphérique, puisqu'il existe dans une région de l'appareil où cet oxygène n'est point encore épuisé; de là explosion, force expansive, projection de matières hors du fourneau, soit par le gueulard, soit par la tympe, suivant que la résistance est plus grande d'un côté que de l'autre.

La cause principale des explosions est dans l'emploi du bois torréfié.

Cette explication est la première qui se présente à l'esprit : cependant on ne peut se dissimuler qu'elle soit sujette à plusieurs objections graves. Par exemple, il est difficile d'admettre qu'une explosion puisse se faire autrement que par la combustion spontanée d'un mélange déjà formé d'oxygène et de gaz combustible. Or, ce n'est évidemment pas le cas dans les fourneaux dont il s'agit. D'un autre côté, si cette explication est vraie, il semble que l'explosion doive être instantanée, et

au contraire, on a vu que les projections au gueulard pouvaient durer pendant plusieurs minutes. Les considérations suivantes rendent compte des phénomènes observés d'une manière plus satisfaisante. On admet, comme tout à l'heure, que le bois se trouve arrivé presque cru dans un espace très-échauffé, et qu'il y soit emprisonné entre ces voûtes qui se forment fréquemment dans les hauts-fourneaux, surtout quand ceux-ci brûlent des minerais fusibles et en petits grains. La tension des gaz et des vapeurs qui se produisent par la distillation du bois augmente progressivement, et il arrive un moment où elle est suffisante pour faire éclater comme une bombe la croûte des matières demi-fluides demi-solides qui lui font obstacle. Cette explication rend assez bien compte des circonstances qui accompagnent l'accident; on conçoit en effet comment les projections se font, tantôt au gueulard, tantôt à la tympe, pourquoi l'explosion n'est pas instantanée, et pourquoi des détonations successives se produisent. C'est l'effet qui a lieu dans un fusil à vent.

Action du vent chaud.

Quant à l'air chaud, il est évident qu'il ne peut avoir dans ces circonstances qu'un rôle indirect et tout à fait secondaire. Car un appareil à air chaud qui ne fonctionnerait pas avec régularité et qui donnerait des degrés de chaleur très-variés au vent qui pénètre dans le fourneau, contribuerait même d'une manière puissante à amener de grands dérangements dans la marche, à produire des chutes de mine et des descentes brusques de bois non carbonisé, à faire naître ces agglomérations, ces enveloppes de matières pâteuses, et par suite à rendre plus imminentes ces productions de gaz, ces explosions.

Inconvénient d'un appareil à air chaud fonctionnant irrégulièrement.

En résumé, les combustibles à flamme paraissent être la cause principale des accidents signalés plus haut, et cette opinion est confirmée par les expériences que l'on a faites pour opérer la fusion des minerais avec la houille crue. Il paraît que dans ces essais des explosions et des projections de matières se produisaient fréquemment. On doit à ce sujet se rappeler que l'emploi du bois sec ou peu torréfié a rendu plus fréquentes les chutes de mine; c'est au moins ce que j'ai eu occasion d'observer dans les usines du département des Ardennes. Il est évident, en outre, que toutes les circonstances, de quelque nature qu'elles soient, qui tendront à rendre irrégulière l'allure du fourneau, contribueront à faire naître ces accidents, et c'est de cette manière que l'air chaud, mal appliqué, pourrait agir dans beaucoup de cas.

Résumé. Action des combustibles à flamme.

La conséquence à déduire de ce qui précède n'est *certes* point qu'il faille renoncer à l'emploi du bois et encore moins à celui de l'air chaud. Il faudrait alors renoncer à tous progrès dans l'industrie du fer; et d'ailleurs les meilleures choses présentent leur côté faible et peuvent faire naître des abus. Autant vaudrait abandonner la navigation à la vapeur parce que quelques chaudières ont fait explosion, défendre l'extraction de la houille parce que le gaz hydrogène exerce dans les mines des ravages terribles, et se contenter des routes ordinaires parce qu'un wagon de chemin de fer est sorti des rails ou s'est heurté contre un autre. D'un autre côté, beaucoup de fourneaux fonctionnent avec une grande perfection au moyen du bois torréfié et de l'air chaud. Ce qu'il faut faire, puisque la cause du mal est dans la marche irrégulière de l'appareil de fusion, c'est de chercher à rendre cette marche plus uniforme, plus

Il faut se garder d'abandonner l'usage du bois torréfié.

Il faut rendre la marche des fourneaux plus régulière.

parfaite, et là il y a beaucoup à faire. Nous ne pouvons, du reste, donner sur ce sujet que quelques indications générales.

Soins à apporter dans les charges, dans le régime du vent, etc.

On doit apporter plus de soin qu'on ne le fait généralement dans la composition des charges du haut-fourneau ; il faut introduire chaque fois la même quantité de combustible préparé d'une manière uniforme, des minerais d'une richesse, d'une fusibilité égales, dans le même degré de sécheresse; la machine soufflante doit être parfaitement réglée; la même quantité de vent, à la même pression, à la même température, doit être introduite à chaque instant, et il importe de faire quelques modifications à tout appareil à air chaud qui ne produirait pas une température uniforme ou à peu près uniforme. Il conviendra aussi, si l'on remarque que le bois simplement desséché est la cause de chutes fréquentes, de l'amener à un état de torréfaction plus avancé.

Bois plus torréfié.

Cette notice laisse beaucoup à désirer; mais M. le Sous-Secrétaire d'état des travaux publics considérant qu'il était important de faire connaître à tous les industriels intéressés les accidents graves survenus dans les hauts-fourneaux des Ardennes, et m'ayant chargé de rédiger le plus tôt possible une note sur ce sujet, j'ai dû m'en occuper immédiatement. Loin de ma résidence en ce moment, absent encore pour plusieurs mois et privé des notes et renseignements qui seuls pourraient me permettre de faire un travail complet, j'ai pensé qu'il valait mieux rédiger cette note, tout imparfaite qu'elle fût, que de remettre à une époque éloignée la publication de faits qui intéressent à un haut degré tous les maîtres de forge.

NOTE

Sur un accident survenu au haut-fourneau de Vanvey (Côte-d'Or);

Extraite d'un rapport adressé à M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

par M. GUILLEBOT DE NERVILLE, Aspirant-Ingénieur des mines.

Le haut-fourneau de Vanvey a été soufflé à l'air chaud, dans le courant du mois d'octobre 1840. L'appareil employé pour chauffer l'air était disposé comme celui que M. Robin a établi à Niderbronn. Les gaz combustibles du gueulard étaient pris dans l'espace annulaire situé entre le sommet de la cuve et la surface d'un manchon cylindrique en tôle, concentrique au gueulard, et ils étaient conduits, à l'aide d'un long tuyau, jusqu'au pied du haut-fourneau, pour être brûlés dans un four renfermant les tuyaux en fonte que parcourait l'air fourni par la machine soufflante. Les dispositions faites pour la prise des gaz au gueulard avaient le grave inconvénient d'occasionner une répartition inégale du charbon et du minerai dans le haut-fourneau, ce qui devait favoriser les engorgements. Malheureusement on n'a apprécié toute l'influence de ce vice de construction qu'après l'accident, lorsque le tassement qui s'est opéré au gueulard a permis d'observer qu'à une profondeur d'environ 2 mètres, la plus

grande partie du minerai se trouvait réunie sur le pourtour de la cuve. La formation de cette zone de minerai était due évidemment à la trop brusque augmentation du diamètre intérieur du haut-fourneau au-dessous de l'espace annulaire. C'était un résultat inévitable de l'éboulement que subissait chaque charge en quittant le manchon cylindrique pour atteindre les parois coniques de la cuve. D'ailleurs l'appareil à air chaud n'était pas complet; l'air lancé dans le haut-fourneau ne pouvait, dans aucun cas, d'après la disposition du four, être chauffé autrement que par la flamme provenant de la combustion des gaz du gueulard; de sorte que, quand ces gaz devenaient moins abondants par suite d'un dérangement du haut-fourneau, la température de l'air éprouvait des variations qui s'opposaient à la reprise d'une bonne allure.

Le 24 décembre 1840, après un long embarras dans la marche du haut-fourneau, embarras qui s'était manifesté par de nombreuses intermittences dans la descente des charges et par une grande irrégularité dans la production journalière, la fonte et le laitier qui remplissaient le creuset ont été projetés subitement, avec une grande force, par l'ouverture de la tympe. Trois ouvriers qui s'occupaient des préparatifs de la coulée ont été grièvement atteints, et l'un d'eux a succombé à ses blessures. Le feu s'est en outre communiqué à la charpente de l'usine, et ce n'est qu'à grand'peine qu'on est parvenu à préserver de l'incendie la halle aux charbons.

L'examen des faits qui ont précédé et suivi ce funeste accident ne permet pas de douter que la

projection des matières contenues dans le creuset ne soit due uniquement à la chute, sur le bain de fonte et de laitier, d'une forte masse de minerai qui n'était pas encore privé d'eau. Une voûte s'était formée dans l'intérieur du haut-fourneau, et il devait exister au-dessous un vide considérable, puisque après l'accident la masse du charbon et du minerai contenue dans la cuve s'est tassée de manière à présenter au gueulard une dépression de près de deux mètres de profondeur. On conçoit dès lors que la chute dans le creuset d'une grande masse de matières a pu en faire jaillir la fonte et le laitier, par l'effet de l'énorme pression qu'elle a produite, et de la formation instantanée de la vapeur d'eau (1).

---

(1) L'emploi de l'air chaud dans les hauts-fourneaux est une amélioration d'une grande importance, puisqu'il procure une économie notable dans la consommation du combustible qui était faite dans le roulement à l'air froid; mais l'air chaud exige ordinairement qu'on accélère la vitesse de la machine soufflante, qu'on modifie le mélange des minerais employés, ou la dose du fondant ajouté, et qu'on change un peu les dispositions de la cuve inférieure, en augmentant la largeur de l'ouvrage et en diminuant sa hauteur, pour que la température ne s'y élève pas à un trop haut degré. En outre, la température de l'air lancé doit être en rapport avec la fusibilité des minerais et la nature du combustible dont on fait usage. Les maîtres de forges qui adoptent l'air chaud, doivent donc, dès le commencement, étudier avec soin l'allure de leur haut-fourneau, afin d'introduire les modifications que ce changement majeur dans les conditions du roulement peut rendre nécessaires, et d'apporter

remède aux dérangements qui surviennent, avant que ces dérangements aient pris assez de gravité pour occasionner des accidents du genre de celui qui est arrivé à Vanvey. (*Note de la rédaction.*)

NOTE

Sur l'usage des câbles en fil de fer employés à l'extraction de la houille, dans les puits servis par machines à vapeur du district d'Essen et de Werden (Prusse);

Par M. le Bergmeister KLOTZ (1).

Traduit de l'allemand (Archiv. für Mineralogie, etc., 14e vol., 1840, p. 110);

Par M. Ch. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

A. Jusque vers la fin de l'année 1833, la fourniture et l'entretien des câbles d'extraction, sur quelques-unes des houillères du district, étaient donnés à l'entreprise à des fabricants de cordes, moyennant un prix convenu par 100 scheffel de houille extraite.

a) La houillère de Saelzer et Neue-Aack dont les puits verticaux ont 35 (65m,940) et 50 lachter

---

(1) J'ai publié dans le tome X, p. 333, année 1836, de ce recueil, la traduction du mémoire de M. Albert, conseiller supérieur des mines du Hanovre, qui a introduit l'emploi des câbles d'extraction en fils de fer tressés, dans les mines du Hartz. L'économie sur les frais d'extraction, qui est résultée de l'usage des câbles en fil de fer, comparativement aux anciens câbles en chanvre, a bientôt déterminé les ingénieurs et propriétaires des mines de la Saxe, de la Prusse et de presque toute l'Allemagne, à les adopter. Chez nous, on ne s'est pas pressé de suivre cet exemple. Les détails économiques très-circonstanciés contenus dans la notice de M. Klotz, me paraissent de nature à appeler sur ce point l'attention des propriétaires de mines et des fabricants de fil de fer français. Ch. C.

(94m,200) de profondeur, payait 2 silbergros, 11 pfenning. (0fr.,3608) par 100 scheffel.

b) La houillère de Wische, pour un puits vertical de 81 lachter (152m,604), payait 3 s.g. 9 pf. (0fr.,4638).

c) Celle de Kunstwerk, dont le puits vertical a 46 lachter (86m,664), paya d'abord 2 s.g. 6 pf. (0fr.,3092).

Plus tard 1 s.g. 10 pf. (0fr.,2267).

A ce dernier prix, le fournisseur de câbles subit une perte dont il put justifier.

d) La houillère *Braut in küpers wiese* a contracté depuis plusieurs années un marché qui subsiste encore, par lequel elle paye, pour l'extraction de 100 sch., par un puits incliné de 39 lachter (73m,476), 3 s.g. 0 pf. (0fr.,3711).

En conséquence le prix moyen pour les puits verticaux est de 2 s.g. 11 pf. (0fr.,3659) par 100 sch. de houille extraite.

B. *Observations sur l'emploi, la durée et les dépenses des câbles en chanvre.*

a) La houillère de Salzer et Neue-Aack mit en place le 19 novembre 1833 deux câbles venant de la fabrique de Felten et Guillaume de Cologne, réputés d'une qualité supérieure. Ces câbles durèrent jusqu'au 13 juin 1834, c'est-à-dire 6 mois et 14 jours. Ils pesaient 1.198 livres (poids de Cologne), (563kil.,06), et revenaient, à raison de 6 s.g. (0fr.,7722) par livre, et y compris les frais de transport s'élevant à 7 thalers 29 s.g. 7 pf., à 247 thalers 17 s.g. 7 pf. (917fr.,7930); il fut extrait avec ces câbles 392.923 sch.; ainsi la dépense fut pour 100 sch. extraits, 1 s.g. 10 pf. 3/4 (0fr.,2343).

b) A la même houillère, deux câbles de Klewitz, mis en place le 13 juin 1834, durèrent jusqu'à la fin de décembre, 6 mois et 17 jours. Ils pesaient 1.343 livres (631$^{kil.}$,21), coûtaient, à raison de 5 3/4 s.g. par livre, 257 thalers 12 s.g. 3 pf. Il fut extrait 389.622 sch. de houille, et la dépense fut en conséquence par 100 sch. de 1 s.g. 11 1/4 pf. (0$^{fr.}$,2396).

c) A la houillère Ver. Henriette, deux câbles, mis en place le 21 novembre 1835, durèrent jusqu'au 11 juin 1836, 6 mois 1/2. Ils pesaient 1.171 livres, coûtaient, à raison de 6 s.g. la livre, 234 thalers 6 s.g., et il fut extrait 187.604 sch. La dépense pour 100 sch. fut 3 s.g. 6 pf. (0$^{fr.}$,4329).

d) A la mine de Sæljzer et Neue-Aack, les derniers câbles en chanvre furent placés le 1er janvier 1835, durèrent jusqu'au 14 octobre, 8 mois 1/2. Ils avaient coûté 281 thalers 29 s.g. 6 pf. et extrait 376.982 sch. de houille ou de déblais. La dépense par 100 sch. a donc été de 2 s.g. 3 pf. (0$^{fr.}$,2783).

La dépense moyenne pour 100 sch. extraits avec des câbles en chanvre, est donc de 2 s.g. 4 3/4 pf. (0$^{fr.}$,2962).

C. *Emploi, durée et dépense des câbles en fil de fer recuit.*

a) Les premiers câbles de ce genre furent placés le 15 octobre 1835 à la houillère de Sælzer et Neue-Aack. Ils avaient de longueur, l'un 74 lachter (24 pouces), l'autre 77 lachter (47 pouces), ensemble 151 lachter (71 pouces).

Le diamètre était de 3/4 de pouce; le poids du lachter de 5 livres 29 1/6 loth. (2$^{kil.}$,85); le prix

du lachter de 1 thaler 5 s.g. 5 2/3 pf. (3fr.,3847).

Ainsi les deux câbles pesaient 898 livres; la livre revenait à 6 s.g., et les deux câbles à 179 thaler 10 s.g. L'une des cordes, composée de 108 fils, dura 1 an 3 mois et 24 jours. On n'a pas tenu note exacte des quantités extraites. En supposant que l'extraction soit demeurée la même que précédemment avec les câbles en chanvre dans la même mine, les frais seraient pour 100 sch., 0 s.g. 6 2/3 pf. (0fr.,0655).

L'autre corde était formée de 72 fils; elle servit pendant 14 mois, tomba ensuite dans le puits à la suite d'une rupture à son point d'attache sur le tambour, et fut par là mise hors de service.

b) Daber de Mülheim livra à la même houillère un câble de 72 fils; il pesait 507 livres, et coûtait, à raison de 6 s.g. la livre, 101 thaler 12 s.g. Il a duré 2 ans et 7 jours; l'extraction s'éleva pendant ce temps à 464.120 sch. Les frais furent donc pour 100 sch., 0 s.g. 8 pf. (0fr.,0824).

c) Le même fournit une corde de 509 livres, à raison de 5 s.g. 1/2 la livre, 93 th. 9 s.g. 6 pf., qui a servi pendant 1 an 10 mois et 12 jours. La dépense par 100 sch. a été de 0 s.g. 8 pf. (0fr.,0824).

d) Le 13 juin 1836, on plaça à la mine *Ver. Henriette* deux câbles qui, après avoir rompu cinq fois, furent mis de côté le 24 octobre de la même année. Ils pesaient 648 livres (304kil.,56) (4 l. 20 loths par lachter). La livre revenait à 6 s.g. (0fr. ,7422); les câbles entiers coûtaient donc 129 th. 10 s.g.; et l'extraction ayant été de 164.189 sch., cela fait, pour 100 sch., 1 s.g. 8 pf. (0fr.,2061).

e) A la même mine deux câbles, placés le 25

octobre 1836, ont servi jusqu'au 13 mai 1837, et ont été mis de côté après avoir rompu 11 fois. Ils pesaient 845 livres, 6 liv. 1 18 loth par lachter; ils coûtaient, à raison de 6 s.g. la livre, 169 thalers. L'extraction ayant été de 297.875 sch., c'est pour 100 sch. 1 s.g. 2/5 pf. ($0^{fr.},1277$).

f) On mit en place, le 26 juin 1838, à la houillère de Langenbrahm, dans un puits de 75 lachter, incliné de 28 degrés, deux câbles en fil de fer livrés par Erckner, ayant un diamètre de 7/8 de pouce. Chaque câble avait 85 lachter de longueur et pesait 531 livres, les deux ensemble 1062 livres, et le lachter pesait 6 livres 1/4; la livre coûtait 5 1/2 s.g., le lachter 1 thaler 4 s.g. 4 pf.

Le 5 avril 1839, les deux câbles étaient usés. Ils avaient donc servi pendant 225 jours de travail. Ils avaient coûté 194 thaler 21 s.g. L'extraction journalière étant de 2.000 sch. de houille ou d'eau, les frais sont, pour 100 sch., de 1 s.g. 3 pf. ($0^{fr.},1546$).

g) A la mine de Ilandsbraut, dans un puits de 60 lachter incliné de 70 degrés, un câble en fil de fer a duré pendant 1 an et 8 mois.

En moyenne et en n'ayant égard qu'aux puits verticaux, la dépense s'est élevée, pour 100 sch. extraits, à 11 1/75 pf. ($0^{fr.},1135$). La moyenne générale serait de 1 s.g. 7/10 pf.

D. *Sur l'emploi, la durée et la dépense des câbles en fil de fer non recuit.*

a) On mit en place, le 17 mai 1837, à la mine Ver. Henriette, des cordes en fil de fer du Hartz qui servirent jusqu'au 9 novembre 1838. Elles

avaient ensemble 150 lachter de longueur et pesaient 470 livres. Le prix du lachter fut, non compris les frais de transport, de 15 s.g. Il fut extrait avec ces câbles, des profondeurs de 35 et 50 lachters, 1.167.779 sch. de houille ou de déblais. Déduction faite du prix du vieux câble qui fut vendu 23 thalers 15 s.g., la dépense fut, pour 100 sch. extraits, de 0 s.g. 2 1/2 pf. (0fr., 0257).

b) A la mine de Saelzer et Neue-Aack, on mit en place, le 28 décembre 1838, deux câbles fabriqués sur la mine même avec du fil de fer n° 10, livré par le fabricant comme *Klinkmemel* (1). Chaque câble long de 78 lachters pesait 3 livres 11 loths et coûtait par lachter 14 s.g. 7 1/2 pf. Il était composé de 3 torons, contenant chacun 4 fils, ensemble 12 fils. Les deux câbles

---

(1) Le fil de fer Klinkmemel n° 10 a 1,28 ligne de diamètre, mesure de Prusse. La résistance à la rupture du klinkmemel non recuit est, d'après les expériences de M. Brixe, de 960,9 livres, poids de Cologne, ou 107.679liv.,063 par pouce carré de Prusse. La résistance à la rupture est réduite par le recuit, d'après les expériences de M. Brixe, dans le rapport de 1 à 0,589. En mesures françaises, le fil de fer klinkmemel n° 10 a un diamètre de 2,794 millimètres. La résistance à la rupture est, pour un seul fil non recuit, de 450k.,75; par millimètre carré 73k.,54. Après le recuit, la résistance à la rupture est réduite à 265k.,50 pour un fil. Le klinkmemel n° 10 est le plus résistant des fils de fer fabriqués en Prusse. Il est analogue, sous ce rapport, au fil de fer n° 18 des fabriques françaises, que l'on emploie pour la construction des ponts suspendus. Le diamètre du n° 18 est de 3 millimètres. La résistance à la rupture de ce fil non recuit est, par millimètre carré, d'après les expériences de M. Séguin aîné et celles de M. Brixe, sensiblement la même que celle du klinkmemel n° 10. C. C.

servirent pendant 11 mois, et l'extraction ayant été de 562.000 sch., il en résulte une dépense par 100 sch. de 0 s.g. 4 4/5 pf. (0fr.,0492).

c) On a mis en place à la mine *Gevalt*, en avril 1839, un câble fabriqué sur la mine même, composé de 18 fils de fer, ayant une longueur de 150 lachter, d'un poids total de 649 livres, 4 liv. 1/3 par lachter. Il avait coûté :

	th.	s.g.	pf.	fr.
Fil de fer, y compris les frais de transport.	61	4	6	(226,9276)
Main-d'œuvre pour la fabrication.	33	18	»	(124,6896)
20 livres de goudron de houille.	»	10	»	(1,2370)
10 livres de colophonium.	»	18	»	(2,0266)
Ensemble.	95	20	6	(355,0808)

Le lachter revenait donc à 19 s.g. 1 pf. Ce câble sert encore et n'a jamais été rompu. Au dernier janvier de l'année courante (1840), une partie de ce câble avait extrait 280.444 sch. d'une profondeur de 70 lachter. S'il avait été à cette époque entièrement usé, la dépense serait pour 100 sch., et sans déduction de la valeur du vieux câble, 1 s.g. (0fr.,1237).

La seconde partie, de même longueur et de même force, fut mise en place le 21 mai 1839. Elle a extrait, jusqu'au 31 janvier 1840, 241.731 sch. de houille ou de déblais, et si elle eût été hors de service à cette époque, la dépense serait, par 100 sch., de 1 s.g. 2 pf. (0fr.,1443).

d) Sur la mine de Ilandsbraut, un câble de 12 fils est en place depuis 13 mois, et se comporte encore bien.

De ce qui précède on conclut une dépense moyenne, pour 100 sch., de 0 s.g. 3 13.20 pf. (0fr.,0310).

Observations générales.

a) Un lachter de câble en chanvre pèse 9 ℔, et coûte, à raison de 6 s.g. la livre, 1 thaler 24 s.g. (6fr.,6798).

En 1839, les câbles en fil de fer recuit ont été payés comme il suit :

1) Houillères. Ver. Kronprinz, 110 lachter du poids de 746 livres, 6 ℔ 17/22 par lachter, 1 thaler 3 s.g. (4fr.,0821).

2) Schœlerpard. 75 L. poids 494 ℔ — 6 ℔ 2/3 par lachter — 1 thaler 3 s.g. 4 pf. (4fr.,1233).

3) Kunstwerk. 75 L. 520 ℔ — 7 ℔ par lachter — 1 thaler 5 s.g. (4fr.,3295).

4) Hobeisen, 180 L. 1531 ℔ — 8 1/2 ℔ par lachter — 1 thaler 16 s.g. 9 pf. (5fr.,7829).

5) Kunstwerk, 95 L. 640 ℔ — 6 3/4 par lachter — 1 thaler 3 s.g 9 pf. (4fr.,1748).

6) *Ibid.* 95L. — 630 ℔ — 6 5/8 par lachter — 1 thaler 3 s.g. 1 1/2 pf. (4fr.,0925).

b) La livre de vieux câble en chanvre se vend au prix de 5 à 6 pf. (0fr.,0515) à (0fr.,0818).

c) La livre de corde en fil de fer usé se vend de 8 1/2 à 12 pf. (0fr.,1237).

d) Au Harz, le quintal de 110 ℔ (51k.,6) de vieux câbles en fil de fer se paye 5 thaler.

e) Dans un essai fait à la forge de M. Bidder, on a retiré de vieux câbles en fil de fer, 60 p. 0/0 du poids en fer forgé. Le forgeron de la mine Ver. Henriette a retiré 64 3/4 p. 0/0 de fer des vieux câbles.

f) En août 1838, la maison J.-H. Schmidt d'Iserlohn vendait le fil de fer recuit à raison de 2 s.g. 8 pf. la livre (0fr.,3298).

Les 100 ℔ coûtent de transport, d'Iserlohn à Essen, 15 à 16 s. g., par livre un peu moins de 2 pf. (0fr.,0206).

La main-d'œuvre, pour la fabrication sur la mine, coûte par livre 6 s. g. 7 pf. (0,fr.,8143).

Le goudron et le colophonium pour enduit 1/2 pf. (0fr.0051).

Prix de revient du câble fabriqué, par livre, 4 s. g. 4 1/2 pf. (0fr.,4411).

g) Les fabricants de câbles en fil de fer les livrent maintenant au prix de 5 s.g. la livre (0fr.,6185), en fil recuit.

Obderbeck, fabricant à Kirspe, s'est offert de livrer les câbles en fil non recuit, à raison de 4 s. g. 1/2 la livre (0fr.,5566).

Un échantillon, envoyé au conseil des mines d'Essen, et formé de 16 fils, a paru très-bien fabriqué.

h). Sur la mine Gewalt :

Les vases d'extraction pèsent, y compris les roues et les ferrures,

Ceux de 6 sch.	264 ℔	(124k.,28).
de 8 sch.	320	(150k.,40).

Un scheffel de houille de cette même mine pèse 110 ℔ (51k.,70).

Le poids total dont le haut du câble est chargé est donc :

8 sch. de houille.	880 ℔	(413k.,60).
Vase.	320	(150k.,40).
Poids de 70 lachter de câble, à 4 ℔ 1/3 par lachter. . . .	373	(175k.,31).
La chaîne en fer d'attache. . .	80	(37k.,60).
Total.	1653 ℔	(776k.,91).

D'après l'expérience, la résistance d'un seul fil de fer à la rupture est de 1.000 livres; celle des 18 fils réunis serait donc de 18.000 livres.

Il résulte des faits rapportés sous les lettres A, B et C, que la dépense en câbles d'extraction serait, dans les puits verticaux de 40 à 80 lachter (75m,360 à 150m,720) de profondeur:

Pour des câbles en chanvre fournis à l'entreprise, 2 s. g. 11 pf. 1/2 (0fr.,3659) par 100 sch.

Pour des câbles en chanvre sans entrepreneur, 2 s. g. 4 pf. 3/4 (0fr.,2961).

Pour des câbles en fil de fer recuit, 11 pf. 1/75 (0fr.,1135).

Pour des câbles en fil de fer non recuit, 3 pf. 13/20 (0fr.,0310).

Ces nombres sont à peu près dans les mêmes rapports que les nombres 100 : 38 : 13.

Nota. Les mesures prussiennes, dont il est fait usage dans cette notice, ont les valeurs suivantes en mesures françaises :

Le pied du Rhin, mesure légale en Prusse.	= 0m,314
Le lachter = 6 pieds du Rhin.	= 1m,884
Le quintal de 110 ℔, poids de Cologne. . .	= 51kil.,6
La livre.	= 0kil.,47
Elle est divisée en 32 loths.	
Le thaler (écu de Prusse).	= 3fr.,711
Il est divisé en 30 silbergros, et chaque silbergros en 12 pfennings.	
Le silbergros.	= 0fr.,1237
Le pfenning.	= 0fr.,0103

NOTE

Sur un gisement de schistes bitumineux dans le bassin houiller de Vouvant (Vendée);

Par M. LECHATELIER, Ingénieur des mines.

Le terrain houiller de la Vendée repose sur le schiste de transition ancien qui borde au S.-O. la chaîne granitique du Bocage. A son extrémité S.-E. il forme un bassin à deux versants bien caractérisés; au N.-O. il forme une bande étroite qui plonge sous les étages inférieurs du calcaire jurassique. Depuis la découverte récente et la mise en exploitation de couches de houille propre à la forge, le bassin de Vouvant prend de l'importance; il ne lui manque que des voies de transport économiques jusqu'à l'embouchure de la Sèvre niortaise, pour arriver à placer avantageusement ses produits sur la côte de l'Océan.

Gisement du schiste bitumineux.

Le bassin de Vouvant, ainsi que l'a établi M. Fournel dans son Étude des gîtes houillers et métallifères du Bocage vendéen, renferme sept couches de houille distinctes qui se montrent sur les deux versants opposés. On y trouve des rognons de fer carbonaté lithoïde, abondants par places, et le fer carbonaté paraît en outre entrer fréquemment en proportion plus ou moins considérable dans la composition des roches argileuses de ce terrain : on en retrouve jusque dans les cendres de certaines houilles terreuses. Enfin dans ce bassin il existe en grandes masses une troisième substance susceptible d'application dans les arts, le schiste bitumineux, déjà connu sur plusieurs points de la France et exploité pour la fabrication d'une huile

minérale que l'on transforme en gaz d'éclairage, connu en France sous le nom de gaz Selligue.

En publiant cette note, j'ai principalement pour but de faire connaître le résultat des expériences que j'ai faites sur cette intéressante substance, dont le gisement a déjà été reconnu par les travaux de recherches et d'exploitation des trois concessions de Faymoreau, de la Bouffrie et de Puyrinsant. Je parlerai accessoirement du fer carbonaté, argileux et bitumineux, auquel passe souvent le schiste bitumineux.

M. Fournel donne, pour le versant N.-O. du bassin de Vouvant, la coupe suivante, qui se reproduit en sens inverse sur le versant S.-O. (page 80).

Coupe du terrain.

	mèt.
1° Banc de grès noirâtre très-siliceux, parsemé de pyrites.	0,30
2° Argile grise.	0,30
3° Houille, couche n° 1.	0,60
4° *Schiste bitumineux* à feuillets contournés, contenant à la partie supérieure une grande quantité de boules légères de schiste décolorant, et à la partie inférieure, des rognons de fer carbonaté.	21,00
5° Banc de grès gris noirâtre, à grains moyens.	2,00
6° Houille schisteuse, couche n° 2. . .	0,60
7° Banc de grès noirâtre renfermant du caoutchouc minéral.	1,50
8° Houille, couche n° 3.	2,00
9° Schiste gris noir, couvert d'empreintes, avec rognons de fer carbonaté.	1,30
10° Poudingue à ciment feldspathique. .	100,00
11° Argile schisteuse très-compacte, avec	
A reporter. . . .	129,60

		mèt.
	Report. . .	129,60
	fer carbonaté.	0,50
12°	Houille, couche n° 4.	1,00
13°	Schiste à empreintes et à rognons de fer carbonaté.	0,60
14°	Grès à grains moyens, très-micacé, quelquefois à grains fins.	90,00
15°	Argile schisteuse.	1,00
16°	Houille, couche n° 5.	0,90
17°	Argile schisteuse grise, à rognons de fer carbonaté.	1,00
18°	Grès à grains moyens.	40,00
19°	Argile schisteuse à empreintes. . .	1,00
20°	Houille, couche n° 6.	1,70
21°	Argile schisteuse.	1,00
22°	Grès à grains moyens très-dur. . .	35,00
23°	Argile schisteuse à empreintes. . .	1,00
24°	Houille, couche n° 7.	0,60
25°	Grès.	350,00
	Total. . . .	654,40

La couche de schiste bitumineux sur laquelle ont porté mes essais est désignée dans cette coupe sous le n° 4. Dans le voisinage de la verrerie de Faymoreau, elle présente une puissance moyenne de 21 mètres, et elle atteint parfois la puissance maximum de 40 mètres (mesurée horizontalement); l'inclinaison est d'environ 25°. Cette couche est recoupée à 27 mètres au-dessous de son affleurement par la galerie d'écoulement des Dorderies qui sert à l'exploitation de la couche n° 3. Elle serait ainsi d'une exploitation très-peu dispendieuse; elle pourrait même, sur plusieurs points, être exploitée à ciel ouvert. La même cou-

che a été attaquée sur le versant S.-O. du bassin par les travaux de la Bouffrie. Dans ce point, les travaux de recherches ont donné la coupe svivante en allant du toit au mur.

	mèt.
1° Grès poudinguiforme à noyaux de quartz.	3,00
2° Argile schisteuse à empreintes, avec rognons de fer carbonaté.	0,75
3° Houille, couche n° 3.	1,00
4° Grès grisâtre à grains fins.	0,75
5° Schiste bitumineux à feuillets contournés, avec rognons de fer carbonaté et de schiste décolorant.	5,35
6° Grès identique à celui du n° 4.	1,55
7° Schiste identique à celui du n° 5.	3,95
8° Grès avec caoutchouc minéral.	2,75
9° Houille et schiste.	0,90
10° Schiste identique avec celui du n°. 5.	3,50
11° Filet de houille.	0,30
12° Schiste bitumineux.	4,40
13° Grès micacé grisâtre passant à l'argile schisteuse (les travaux se sont arrêtés à cette couche).	5,00
Puissance totale du schiste bitumineux.	17,20

L'inclinaison de la couche est d'environ 70°.

On a retrouvé de même une couche de schiste bitumineux de 4 mètres de puissance dans les travaux de recherches de Puyrinsant. Le schiste extrait des travaux de la Bouffrie présente exactement les mêmes caractères que celui de Faymoreau; mais les travaux étant abandonnés depuis plus de dix années, on ne peut recueillir qu'à la surface des échantillons déjà trop profondément altérés pour être soumis utilement à l'analyse.

Natureduschiste bitumineux. Caractères physiques.

Le schiste bitumineux s'abat dans la mine en fragments contournés, à surface lisse et brillante; la plus grande partie se réduit immédiatement en menu, et les gros morceaux se subdivisent facilement par le choc, suivant des faces de glissement brillantes, qui divisent la masse en feuillets lenticulaires et très-contournés. La râclure est d'un brun de chocolat, la poussière d'un brun noir; la cassure est d'un beau noir mat. On distingue facilement deux variétés de schiste: l'une légère se subdivisant par le choc en très-petits fragments ou feuillets contournés; l'autre plus dense présentant des formes plus arrondies, ne se divisant pas sous le choc du marteau en petits fragments, et qui est difficile à concasser; dans cette dernière variété l'argile qui forme la base du schiste est imprégnée de fer carbonaté; on observe tous les passages d'une variété à l'autre.

Deux échantillons de schiste léger et de schiste dense ont donné à l'aéromètre de Nicholson des densités égales à 1,82 et 2,41 à la température de 10°.

Caractères chimiques.

Ce schiste s'embrase avec une grande facilité, et brûle en donnant une flamme longue et fuligineuse. La fumée a cette odeur particulière qu'on remarque en général dans la combustion des schistes du terrain houiller. Par la calcination, il ne se déforme pas, et donne une espèce de coke très-poreux qui décolore les sirops, mais bien moins énergiquement que le noir d'os. A la distillation, il abandonne d'abord de l'eau hygrométrique, et il donne ensuite des huiles, presque incolores et très-fluides au commencement, mais qui passent de plus en plus visqueuses et colorées. Il se dégage en même temps de l'eau et des gaz

combustibles qui sont le produit de la décomposition de la matière bitumineuse; vers la fin lorsque la température est au rouge sombre, il ne passe plus que de l'eau provenant de l'argile du schiste. La matière bitumineuse n'est pas attaquée par l'acide muriatique bouillant, ce qui fournit un moyen précieux pour le dosage du carbonate de fer avec lequel elle se trouve.

Substances qui accompagnent le schiste bitumineux.

On rencontre fréquemment dans les morceaux de schiste de la pyrite blanche de fer en rognons. La couche, indépendamment du fer carbonaté bitumineux qui ne se distingue de la masse que par son mode de division et sa densité, renferme fréquemment des rognons lenticulaires de fer carbonaté lithoïde non bitumineux, d'une grande richesse en fer. Ces rognons présentent souvent au centre des fissures remplies de gros cristaux de baryte sulfatée. On trouve aussi au milieu du schiste des boules légères d'une matière noire, friable, quelquefois pulvérulente et criblée de pyrites. Elle ne diffère du schiste que par sa structure poreuse; elle n'est pas plus riche en matière bitumineuse et donne les mêmes produits à la distillation. Elle décolore les sirops, mais en leur communiquant un goût désagréable.

Essais et analyses.

Les expériences analytiques dont il va être question ont eu pour but de déterminer la composition chimique du schiste bitumineux; les premières ont été faites sur des échantillons de choix qui ont été envoyés au laboratoire d'Angers par M. Mercier, directeur de la mine de Faymoreau. J'ai essayé ensuite des échantillons que j'ai recueillis moi-même dans la mine, de manière à acquérir des données certaines sur la richesse moyenne du gîte; en me bornant à l'examen des

échantillons de choix qui m'avaient été adressés, j'aurais été conduit à attribuer à ce schiste une richesse plus grande que celle qu'il possède réellement.

1er *essai.* Le premier échantillon, essayé au mois de juin 1840, m'a donné :

Cendres.	53,00	
Charbon.	15,30	
Matières liquides.	25,50	huile. eau.
— gazeuses. . . .	6,20	
	100,00	

Cet essai montrant que le schiste pouvait donner une forte proportion d'huile, j'ai fait venir au laboratoire d'Angers de nouveaux échantillons (100 kil.) qui avaient été recueillis au milieu de la couche et choisis dans le produit d'une excavation d'un mètre au front de la galerie de traverse qui menait du niveau d'écoulement au puits de Faymoreau. Leur richesse moyenne en huile s'élevait à 10 p. o/o.

2e *essai.* Un échantillon de schiste léger dont la densité était égale à 1,82, a donné la composition suivante :

Carbonate de fer. . . .	0.107		
Argile.	0,627		
Eau et matière bitumineuse.	0,266	charbon.	0,080
		eau, huile et gaz.	0,186
	1,000		

En faisant abstraction de l'eau de l'argile qu'on peut déterminer approximativement, comme on le verra plus loin, de l'argile et du carbonate de fer, on trouve que la matière bitumineuse ne laisse à la distillation que 33 à 34 p. o/o de charbon.

3[e] *essai*. Un échantillon de schiste lourd dont la densité était égale à 2,41, a donné la composition suivante :

Carbonate de fer. . . .	0.359		
Argile.	0,318		
Eau et matière bitumineuse.	0.323	charbon.	0,093
		eau, huile et gaz.	0,230
	1.000		

(L'acide muriatique, ainsi qu'on l'a reconnu par un essai direct, ne dissout que du protoxyde de fer; il n'y a pas une proportion sensible de carbonate de chaux).

Cet échantillon renfermait 17,1 p. 0/0 de fer métallique.

La matière bitumineuse seule, abstraction faite des matières terreuses, ne donnerait que 30 p. 0/0 de charbon (1).

4[e] *essai*. Pour compléter l'analyse immédiate de cette substance, et reconnaître toutes les circonstances de sa décomposition par la distillation sèche, j'ai distillé 1841 grammes de schiste, en fragments grossièrement concassés, dans une cornue de grès vernissée intérieurement. Les échantillons avaient été choisis parmi les plus riches. L'appareil de condensation se composait d'une allonge de verre, d'un ballon tubulé constamment enveloppé de neige foudante, et d'un tube de deux centimètres de diamètre recourbé deux

(1) Un échantillon du même schiste, analysé au laboratoire de l'Ecole des mines, par M. Audibert, a donné :

Carbonate de fer.	0,299
Argile.	0,389
Eau et matière bitumineuse. .	0,313
	1,001

Il a donné 12 p. 0/0 d'huile à la distillation, et 15 p. 0/0 e fonte blanche à l'essai par voie sèche.

fois en U et plongé dans un mélange réfrigérant à 20°. A son extrémité était adapté un tube recourbé qui amenait les gaz sous la planche d'une cuve à eau, où ils étaient recueillis dans des cloches de verre jaugées. Ce gaz, enflammé à l'extrémité d'un bec, dégage peu de chaleur et de lumière, à cause de la forte proportion d'acide carbonique qu'il renferme, et qui résulte tant de la décomposition du carbonate de fer que de celle de la substance bitumineuse; la proportion de cet acide a été déterminée à plusieurs reprises. Le coke extrait de la cornue a été pesé et une portion a été incinérée.

On a obtenu les résultats suivants :

		gr.
Ballon tubulé plein d'eau et d'huile. .		741,50
Id. vide.		417,50
Eau et huile.		324,00
Eau.		60,08
Huile par différence.		263,92
Tube en U et huile très-volatile. . . .		140,00
Id. vide.		136,85
Huile.		3,15
Huile totale.		267,07
Coke par distillation.		1.336,60
Gaz par différence.		177,25
Le coke calciné au rouge perd.		59,80
Et laisse, coke calciné.		1.272,80
Ce coke se compose de	cendres.	1.134,48
	charbon.	142,40

Le gaz est faiblement éclairant, il se compose d'hydrogène, d'oxide de carbone, de carbures d'hydrogène et d'acide carbonique, saturés de vapeur d'eau. Le volume total s'est élevé à 108$^{\text{lit.}}$,84, la température moyenne de l'eau dans la cuve étant de 5°.

Après avoir laissé dégager :

lit.				
1° 11,36 de gaz, on a trouvé qu'il contenait, acide carbonique. . .			25 p. 0/0 en volume.	
2° 14,90	—	—	25,1	—
3° 21,18	—	—	19,6	—
4° 14,90	—	—	20,5	—
5° 19,18	—	—	18,4	—
6° 11,36	—	—	22,6	—
7° 15,96	—	—	15,2	—
108,84		Moyenne. .	20,9 p. 0/0.	

Ces données servent à établir la composition suivante :

Cendres.	0,616
Charbon.	0,077
Matières volatiles au-dessus du rouge sombre.	0,032
Huile.	0,145
Eau.	0,032
Gaz par différence.	0,098
	1,000

Le rendement en huile de 14,5 p. 0/0 est le plus fort qui ait été obtenu dans tous les essais.

Le coke est d'un gris métallique, il conserve la forme des fragments de schistes sans s'agglomérer. Il est très-poreux ; il décolore les sirops, mais avec assez peu d'énergie, et il leur donne, par la transformation du proto-sulfure de fer en sulfate, un goût d'encre très-prononcé.

Au commencement de la distillation, il passe de l'eau et une huile très-fluide et presque incolore, mais peu à peu cette huile se fonce en couleur et devient plus visqueuse ; à la fin elle se fige dans le col du ballon. On peut séparer l'huile de l'eau par décantation après avoir chauffé légèrement le récipient. Cette eau contient de l'hydrosulfate et du carbonate d'ammoniaque ; elle reste en proportion notable mélangée mécaniquement dans

l'huile brute (5 à 10 p. 0/0 du poids de l'huile). L'huile brute est brune par réfraction et d'un vert d'olive par réflection. Elle se fige au-dessous de 10°; à 0°, elle prend une consistance butyreuse. En se figeant, elle laisse cristalliser d'abondantes paillettes de paraffine. Cette huile a une forte odeur empyreumatique; elle brûle avec une fumée abondante. Sa densité est 0,870. Elle présente tous les caractères de l'huile que l'on extrait en grand des schistes bitumineux des environs d'Autun, Saône-et-Loire. Elle fournit dans toutes ses réactions les mêmes produits. Le gaz qui se dégage à la distillation a une odeur infecte, il est peu éclairant à cause de sa forte teneur en acide carbonique. Sa densité moyenne, d'après la perte en poids comparée à la mesure directe du volume, serait égale à 1,60 (1).

(1) L'huile brute soumise à la distillation donne des produits volatils à des températures très-diverses; en multipliant les fractionnements, on peut obtenir des huiles en nombre presque indéfini, sans rencontrer un produit bien caractérisé, passant tout entier à la distillation à un degré fixe du thermomètre; en outre, parmi les produits partiels ainsi obtenus, il n'y en a pas qui paraisse l'emporter en quantité sur les autres, et qui fasse prévoir la concentration autour d'un point bien déterminé d'une huile de nature et de propriétés bien tranchées. On peut néanmoins, par deux ou trois distillations successives, isoler deux groupes de produits :

1° Des huiles volatiles ou essentielles;

2° Des huiles fixes.

Les premières sont d'un jaune paille assez faible; elles ont une odeur empyreumatique très-forte et irritante; versées sur la main elles se réduisent rapidement en vapeurs en produisant une sensation de froid marquée. Les plus volatiles entrent en ébullition entre 40° et 50°; après plusieurs distillations, on les obtient entièrement incolores; les moins volatiles entrent en ébullition vers 200°. La sépa-

5° *Analyse par l'oxyde de cuivre.* La détermination des éléments de la matière bitumineuse du schiste ne peut pas se faire d'une manière rigoureuse, faute de moyens directs pour doser l'eau de combinaison de l'argile, qu'il faudrait isoler, sans l'altérer, de la matière bitumi-

---

ration entre les huiles volatiles et les huiles fixes a lieu de 210° à 230°.—Les huiles volatiles qui entrent en ébullition vers 60° ont une tension de vapeur de 200 millimètres; les huiles fixes qui bouillent entre 258° et 260°, n'ont plus qu'une tension de vapeur de deux millimètres. Les huiles fixes comprennent toutes celles dont le point d'ébullition est au-dessus de 220°. Elles sont d'un beau vert olive jusque vers 250°, au delà elles sont brunes; elles n'ont qu'une faible odeur empyreumatique, elles sont grasses au toucher. Jusqu'à 360° à 400°, les huiles fixes ne se figent pas à la température ordinaire, mais au delà elles se prennent en masse par le refroidissement; elles doivent cette propriété à la paraffine qui cristallise en grandes lames dans la masse, et que l'on peut séparer en partie par une simple filtration. La paraffine forme tout au plus 2 à 3 p. 0/0 du poids de l'huile brute. A la fin de l'opération, si la distillation n'est pas poussée jusqu'à sec, il reste un goudron noir visqueux; dans le cas contraire, le goudron se décompose en donnant de l'eau, des huiles et à la fin une matière brune, très-visqueuse et qui s'étire en longs fils; il reste dans la cornue un coke très-boursouflé. On obtient environ 40 p. 0/0 d'huile volatile, et 50 p. 0/0 d'huile fixe. Ces différents produits fractionnés deviendront sans doute par la suite l'objet d'applications importantes; parmi les résultats annoncés par M. Selligue, le principal est l'emploi des huiles fixes pour l'éclairage direct; j'ai constaté que les huiles fixes préparées avec le schiste de Faymoreau, après trois distillations successives de l'huile brute, peuvent être employées seules dans la lampe carcel, et brûlent sans odeur ni fumée, en donnant une vive lumière semblable à celle d'un bec de gaz.

Dans un autre mémoire, j'examinerai plus en détail les propriétés de ces matières huileuses, et je rechercherai les applications dont elles sont susceptibles.

neuse qui l'imprègne. Pour arriver à la solution de ce problème d'une manière approximative, j'ai recueilli sur l'affleurement de la couche à la galerie Buton plusieurs échantillons décomposés à l'air et dans lesquels la matière bitumineuse avait entièrement disparu sous l'influence des agents atmosphériques. Dans cette combustion lente de la matière bitumineuse, il n'est nullement probable que la composition de l'argile ait été modifiée; elle doit en outre être à peu près la même dans toute la couche. Ces hypothèses, quoique incertaines, permettront néanmoins d'arriver plus tard à des conclusions intéressantes.

5 grammes de ce schiste décomposé, traités par l'acide muriatique, ont laissé :

	gr.	
Argile desséchée à 100°. . . .	4,13	
Et argile calcinée au rouge. . .	3,95	
D'où, eau de combinaison. .	0,18	Soit 3,6 p. 0/0.

A 100 parties d'argile pure et calcinée en correspondent 4,56 d'eau.

Un échantillon de schiste bitumineux, analysé par l'oxyde de cuivre, a donné pour 0gr.,7125 :

	gr.		gr.
Eau.	0,2670,	soit pour 1 gr.	0,3747
Et acide carbonique. . .	0,8850	—	1,2421

1gr.,669 schiste incinérés sur la lampe à alcool à double courant d'air ont laissé :

Cendres. . . . 0,913, soit pour 1 gr. 0,559

Ces cendres étaient légèrement colorées en rouge par de l'oxyde de fer, elles ne contenaient pas de chaux.

3gr.,112 de schiste, traités par l'acide muriatique bouillant, ont donné :

	gr.		gr.
Peroxyde de fer.	0,187, soit pour 1 gr.		0,0600
D'où, protoxyde de fer.	0,168		
Et acide carbonique. . .	0,096	—	0,0308
Carbonate de fer.	0,264	—	0,0848

En défalquant de 1gr.,2421 d'acide carbonique les 0gr.,0308 du carbonate de fer, il reste 1gr.,2113, correspondant à : carbone 0gr.,3303.

Pour 1 gramme, l'argile, exempte de peroxyde de fer, pèse 0gr.,499.

D'après l'hypothèse faite en commençant l'analyse du schiste altéré, elle serait combinée dans le schiste avec 0gr.,0227 d'eau, qu'il faut retrancher des 0gr.,3747 trouvés dans l'analyse, il reste ainsi eau 0gr.,3520; d'où, hydrogène 0gr.,0391. On a donc en définitive, pour la composition élémentaire de la substance :

Carbone.		0,3303
Hydrogène.		0,0391
Oxygène et azote.		0,0241
Argile et eau. . 0,5217	} . .	0,6065
Carbonate de fer. 0,0848		
		1,0000

ou bien, abstraction faite des parties terreuses :

Carbone.	0,8394
Hydrogène.	0,0994
Oxygène et azote.	0,0612
	1,0000

Cette analyse, quelque incertitude qu'il y ait sur le dosage de l'eau renfermée dans l'argile, n'est cependant pas dépourvue d'intérêt. En calculant le rapport des nombres d'atomes :

	De carbone,	d'hydrogène	et d'oxygène,
On trouve	1.000,	1.410,	54.

Si ce rapport n'est pas exact, il doit cependant s'écarter peu de la vérité, surtout pour l'hydrogène, car le schiste renferme bien certainement de l'eau de combinaison, et la matière bitumineuse,

qui donne à la distillation en vase clos des produits oxygénés, est bien certainement elle-même oxygénée, et si l'on supposait les deux cas extrêmes, celui où il n'y aurait pas d'oxygène et où l'eau serait en plus grande quantité que celle qui a été admise, et celui où il n'y aurait pas d'eau, et où la quantité d'oxygène serait maximum, on aurait les rapports suivants :

	1.000	1.200	0.
Et	1.000	1.480	157.

On voit par là que le nombre d'atomes d'hydrogène *ne peut varier que* de 1.200 à 1.480, et celui des atomes d'oxygène de 0 à 157; le premier *doit certainement* être compris entre 1.300 et 1.450, et le deuxième entre 50 et 100.

On a vu plus haut que la matière combustible, prise isolément, ne donnait pas plus de 30 à 35 p. 0/0 de coke.

En comparant ces résultats à ceux que M. Regnault a consignés dans son mémoire sur les combustibles minéraux, *Annales des mines*, t. XII, on voit que la matière bitumineuse du schiste diffère complétement de la houille par sa composition chimique. Elle renferme à peu près deux fois autant d'hydrogène que les houilles proprement dites. Elle s'en distingue complétement aussi par la nature et la proportion des produits pyrogénés qu'elle fournit, elle ne donne que 30 à 35 p. 0/0 de coke, tandis que les houilles les plus grasses en laissent au moins 57 à 60 p. 0/0.—La houille de Faymoreau (couche n° 3), exploitée au toit de la couche de schiste bitumineux, analysée au laboratoire de l'École des mines, a donné :

Charbon.	0,615
Cendres.	0,090
Matières volatiles.	0,295
	1,000

Ou bien abstraction faite des acides :

Charbon.	0,696
Matières volatiles..	0,324

La nature des produits est tout à fait différente; l'huile de schistes, très-fluide à quelques degrés au-dessus de 10°, se fige en masse au-dessous de cette température, tandis que le goudron de houille, soumis à un froid intense, conserve une fluidité visqueuse; le premier est caractérisé par la présence de la paraffine, le second par la naphtaline. —La matière bitumineuse du schiste se rapproche au contraire complétement des bitumes par sa composition, mais elle en diffère par la nature de ses produits pyrogénés; quelques essais comparatifs faits sur l'huile extraite du bitume de la Trinité m'ont fait voir que ce dernier produit n'avait aucune analogie de propriétés avec l'huile de schiste; il ne se fige pas par un froid intense et ne renferme pas de paraffine.

6° *Analyse du schiste décolorant*. J'ai déjà parlé de cette substance légère, souvent pulvérulente, qui forme au milieu du schiste des rognons isolés. Espérant y trouver concentrée la matière bitumineuse du schiste, j'en ai essayé un échantillon; mais la composition et les produits sont les mêmes sensiblement, la proportion de cendres y est aussi considérable que dans le schiste, de telle sorte qu'il ne paraît y avoir de différence que dans le degré de compacité. Cette substance décolore assez bien le sirop de sucre, mais elle lui communique un goût très-désagréable; elle est remplie de pyrite blanche de fer, qui se décompose avec la plus grande facilité; aussi est-il difficile de conserver longtemps les morceaux intacts. Elle abandonne du soufre en nature à la distillation. L'analyse immédiate a donné les résultats suivants :

Cendres	0,484
Charbon	0,228
Huile	0,101
Eau	0,077
Matières volatiles	0,110
	1,000

Elle ne s'agglomère pas dans la distillation. L'huile, qui présente les mêmes caractères que l'huile ordinaire, a cependant une odeur plus infecte, à cause des produits sulfurés qu'elle renferme en plus grande quantité.

Richesse moyenne du schiste bitumineux.

Les premiers échantillons de schiste, adressés au laboratoire d'Angers, avaient été choisis parmi les gros morceaux; leur richesse était au-dessus de la moyenne. Un triage semblable dans une exploitation réglée pouvant présenter quelque chance de succès, je commencerai par rapporter le résultat de plusieurs distillations faites un peu en grand avec ces échantillons, dans le but de préparer plusieurs litres d'huile pour d'autres recherches. Ces distillations ont été faites dans une cornue cylindrique en fonte, de 7 litres de capacité, et les produits volatils ont été condensés dans un serpentin. Dans une première série, 41k.,12 de schiste distillés avec ménagement en 6 opérations, ont donné : *huile* 4k.,25, soit 10,6 p. o/o. Dans une deuxième série, 34k.,37 ont donné : 3k.,36, soit 9,8 p. o/o. La moyenne des deux séries d'opérations est 10,20 p. o/o. On peut donc attendre du triage dans la mine un rendement de 10 p. o/o. Mais une expérience faite en grand pourrait seule décider s'il y aurait avantage sous le rapport économique à faire ce triage, et à le pousser jusqu'à ce point.

Pour arriver à connaître la richesse moyenne

du schiste avec toute l'exactitude que comportent des essais de laboratoire, j'ai profité d'une visite sur la mine de Faymoreau pour recueillir moi-même des échantillons. Une seule galerie était d'exécution assez récente pour que le schiste n'y fût pas altéré d'une manière notable; elle recoupait obliquement les couches, et sur une longueur de 35 mètres, elle avait déjà traversé les 2/3 de la masse de schiste. A partir du toit de la couche, j'ai fait abattre par un mineur environ 1 hectolitre d'échantillons pris au hasard sur toute la hauteur de la galerie. Ce schiste, mis avec soin dans des sacs, a été apporté au jour, où, après avoir concassé les gros morceaux, j'ai pris en bloc et mis à part environ 10 kilogrammes de chaque échantillon. Les essais ont été exécutés dans le laboratoire d'Angers.

Chaque opération a été faite dans une cornue de grès vernissée, tenant de $1^{k.},800$ à $1^{k.},900$. Les vapeurs d'eau et d'huile étaient condensées dans une allonge et un ballon tubulé plongé dans de l'eau à 10°. Les gaz étaient ensuite amenés dans un flacon à deux tubulures où les vapeurs achevaient de se condenser; il ne s'est jamais rassemblé qu'une très-petite quantité d'huile dans ce dernier appareil. Les gaz étaient enflammés à l'extrémité du tube de dégagement, et la hauteur de la flamme servait à régler la marche de l'opération. Chaque distillation durait de 3 à 4 heures.

Le tableau suivant présente le résultat de ces essais; les échantillons sont désignés par les n°s 1, 2,3, etc., à partir du toit, de 6 mètres en 6 mètres; le 7e échantillon, pris indistinctement sur toute l'étendue de la galerie, est désigné par la lettre M:

COMPOSITION.	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	M.
Cendres	67,37	69,14	70,39	69,82	71,09	71,05	72,26
Charbon.	10,97	13,17	12,04	7,59	9,33	11,09	7,68
Huile.	7,94	6,03	6,27	5,23	4,74	6,00	6,32
Eau.	6,05	4,87	2,75	5,23	3,31	2,91	4,54
Matières volatiles p. diff. .	7,67	6,79	8,55	12,13	11,53	8,95	9,20
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Rendement moyen en huile.	. . . . 6,03 p. o/o						6,32 p. o/o
Moyenne générale.	. . . . 6,17 p. o/o						

Les essais n'ont pas porté sur toute l'étendue de la couche, parce qu'à l'époque où j'ai visité la mine, la seule galerie où il fût possible de recueillir de bons échantillons ne l'avait pas encore traversée entièrement.

Pour les deux premiers tiers, et probablement pour toute la couche, la richesse moyenne est de 6 p. o/o environ.

Ce résultat fait voir la nécessité qu'il y avait de ne pas s'arrêter au premier essai, qui aurait donné une idée tout à fait fausse sur la richesse de ce gisement. Ce n'est qu'en concentrant l'exploitation dans les zônes les plus riches, et en faisant au besoin un triage, qu'on pourrait arriver à un rendement de 8 à 10 p. o/o.

L'exploitation à ciel ouvert ou souterraine-

ment au-dessus du niveau d'écoulement devant être dans tous les cas très-économique, la houille pour la distillation étant à très-bas prix, le prix de revient de l'huile ne dépasserait pas 10 à 11 fr. les 100 kilogrammes, même en employant toute la masse du schiste à 6 p. o/o de richesse (1). En employant pour chauffer les cornues la flamme perdue des fours de la verrerie de Faymoreau, on économiserait au moins 10 à 15 p. o/o sur les frais de fabrication.

Comme donnée utile pour l'exploitation du schiste, j'ai déterminé le foisonnement et le poids de l'hectolitre. Le schiste léger pèse 95 à 97 kil.; le schiste dense imprégné de fer carbonaté 113 à 115. La moyenne du schiste brut est 100 kil. l'hectolitre ras. Le foisonnement est de 50 p. o/o en sus, c'est-à-dire que 1 mètre cube en place dans la mine donne après l'abattage $1^{m.c.},50$.

Si l'emploi de l'huile du schiste, soit pour l'éclairage au gaz, soit pour d'autres usages, prend de l'importance dans l'ouest de la France, ce gisement pourra être exploité avec avantage. La position de la mine à 6 lieues de Fontenay sur la Vendée, d'où les produits seraient transportés par eau jusqu'au port de Marans, serait avantageuse pour les débouchés. Pour l'exportation la position serait également très-favorable.

Fer carbonaté.

Comme on l'a vu plus haut, le schiste bitumineux de Faymoreau passe souvent au fer carbonaté argileux et bitumineux; lorsqu'il est riche en fer, il prend une structure qui permet de le reconnaître sur les parois des galeries, et il se divise naturellement en fragments lenticulaires assez gros;

(1) Le schiste exploité à Igornay ne rend que 5 p. 0/0 en moyenne.

et ce caractère s'ajoute à celui de la densité pour rendre le triage à la main très-facile. On trouve en outre fréquemment dans le schiste des rognons de fer carbonaté lithoïde non-bitumineux d'une très-grande richesse. Il était donc important de rechercher s'il était possible d'utiliser ces substances comme minerai de fer. Dans la mine on peut estimer, à vue d'œil, la proportion de fer carbonaté des deux espèces au *tiers* de la masse totale ; pour obtenir une indication plus positive, quoique encore très-incertaine, sur chacun des échantillons qui devaient servir pour déterminer la richesse en huile, j'ai fait un triage à la main, et j'ai soumis le mélange de fer carbonaté bitumineux et lithoïde ainsi séparé à l'analyse, en opérant toujours sur des mélanges représentant aussi bien que possible la moyenne. Dans le tableau qui suit, j'ai donné la richesse en fer du minerai grillé, parce que pour le traiter comme minerai de fer, c'est à cet état qu'il faudrait le considérer. Les numéros et les lettres d'ordre sont les mêmes que dans le tableau précédent.

COMPOSITION.	nº 1.	nº 2.	nº 3.	nº 4.	nº 5.	nº 6.	M.
Carbonate de fer. .	0,102	0,102	0,555	0,354	0,324	0,204	0,462
Argile, etc.	»	0,654	0,361	0,375	0,502	0,580	0,279
Eau et matière bitumineuse.	»	0,244	0,084	0,271	0,174	0,216	0,259
Total.	»	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Richesse en fer du minerai grillé. .	»	6,66 p. %	35,09 p. %	23,03 p. %	21,27 p. %	13,32 p. %	32,03 p. %
Moyenne des 5 dernières colonnes.	»		22,95 p. %				
Proportion de fer carbonaté dans le schiste (en volume).	37 p. %	30 p. %	37 p. %	15 p. %	37 p. %	16 p. %	33 p. %

Un mélange d'échantillons grillés, a donné :

Peroxyde de fer.	0,822
Alumine.	0,172
Chaux.	0,024
Magnésie.	0,012
Silice..	0,425
Coke non brûlé et perte. . .	0,045
	1,000

Rendement en fer, 22,2 p. 0/0.

Quelque incertitude qu'il y ait dans des résultats affectés de différences aussi considérables, il en ressort néanmoins un fait intéressant, c'est que la couche de schiste bitumineux, dans certaines parties, renferme environ 1/3 de son volume de schiste ferrifère et de fer carbonaté lithoïde, qui par le grillage donneraient un minerai pauvre. Ce minerai, s'il était de bonne qualité, pourrait devenir un accessoire important pour alimenter un haut-fourneau au coke; mais malheureusement, indépendamment du soufre dont il serait difficile de le débarrasser entièrement par le grillage, il renferme une proportion de phosphore qui devrait le faire rejeter pour la fabrication de la fonte de forge, et il paraît d'un autre côté trop fusible pour être d'un emploi avantageux dans la fabrication de la fonte de moulage.

Pour doser le phosphore, on a réuni les précipités de peroxyde de fer des échantillons n° 2, n° 3, n° 4, n° 5, n° 6 et M, faisant ensemble 6gr.,86. On les a fondus avec 6 grammes de carbonate de soude pur, etc., et on a obtenu : phosphate de chaux 0gr.,24. Les 6gr.,86 de peroxyde correspondent à, *fer métallique* 4gr.,75 ; les 0gr.,24 de phosphate, à *phosphore* 0gr.,0584. Il y a donc dans le minerai, pour 1 de fer, 0,012 de phosphore.

Une aussi forte proportion de phosphore contrebalancerait sans doute tous les avantages qu'on pourrait espérer de ce minerai.

MÉMOIRE

Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de plomb dans les environs d'Almeria et d'Adra (Andalousie);

Par M. Adrien PAILLETTE, Ingénieur civil.

PREMIÈRE PARTIE.

INTRODUCTION.

Les mines du midi de l'Espagne, déjà célèbres dans l'antiquité, suivant les récits de plusieurs historiens latins, notamment de Strabon et de Pline, acquirent, vers le dix-septième siècle, une nouvelle réputation due aux richesses immenses qu'amassèrent, dit-on, deux frères allemands désignés sous le nom de Fucarès d'Andalousie (1).

Plus récemment, elles ont attiré l'attention des savants et des industriels ou des capitalistes, et sont devenues l'objet de nombreuses sollicitudes à l'époque où les plombs du littoral d'Almeria, de Roquetas et d'Adra affluaient à bas prix sur les principaux marchés d'Europe; enfin elles ont donné lieu à des observations pleines d'intérêt, parmi lesquelles il faut citer, en première ligne, celles de M. Le Play sur l'Estramadure (2).

---

(1) M. de Malus, qui écrivait en 1632, disait, en parlant des mines découvertes par son père : « Pourquoi des » particuliers les cognoissant et tant riches et tant aissées » à posséder ne les ont pas fouillées soubs le bon plaisir » de nos princes comme les Foucres d'Allemagne, celles » qui les ont si puissamment enrichis. »

(2) *Annales des Mines*, 3e série, t. 5 et t. 6, 1834.

On ne doit pas non plus omettre le nom d'un habile ingénieur allemand (1), M. Hausmann, qui fut chargé par son gouvernement de l'étude des divers gîtes minéraux dont les produits portaient un coup si rude aux mines de son pays.

Dans le milieu de l'année 1831, MM. Blacque, Certain, Drouillard, si honorablement connus dans toutes les questions d'intérêts généraux et d'études industrielles, firent venir, sur la demande de M. Juncker, directeur général des établissements de Poullaouen, une certaine quantité de galènes d'Adra destinées à être soumises au traitement que subissent les minerais français en Bretagne, afin d'établir, si cela était possible, une comparaison rigoureuse entre les résultats des procédés espagnols et ceux des méthodes françaises.

Chargé spécialement, à cette époque, de la direction partielle des mines et des fonderies de Poullaouen, j'ai suivi le travail dont il s'agit avec d'autant plus d'intérêt qu'il m'avait toujours semblé rationnel d'admettre, comme le meilleur mode d'étude, celui qu'on adoptait, c'est-à-dire de fondre un même minerai à divers fourneaux, et de mettre en parallèle tous les produits qui en résulteraient.

J'avais néanmoins à peu près perdu de vue ce qui s'était passé sous mes yeux, il y a huit ans, lorsque je fus obligé de parcourir, durant les mois de juillet et août 1839, une partie de l'Andalousie et particulièrement les environs d'Almeria, de Roquetas et d'Adra.

---

(1) On trouve un extrait très-abrégé d'un mémoire géologique, 2e série, t. 7, 1840, *Annales des Mines*.

Je résolus alors de recueillir tous les documents capables de faire connaître les mines qui, depuis de trop longues années, causent un préjudice si notable à notre industrie des plombs, et ceux qui permettaient un rapprochement entre les méthodes de fondage suivies en France et en Espagne.

Détailler ce que j'ai vu, ce que j'ai observé, tant en Espagne qu'à Poullaouen, tel est le but de ce mémoire.

CHAPITRE I.

MINES ET USINES ESPAGNOLES.

Article 1er. *Géographie du pays. — Sa position. — Son aspect. — Sa constitution géologique.*

Bien peu de cartes fournissent une idée exacte de la configuration topographique du territoire espagnol. Sur chacune d'elles les erreurs de position fourmillent et ne le cèdent en rien aux nombreuses fautes qu'on rencontre dans l'orthographe des noms; il est donc fort difficile au géologue d'asseoir ses pensées sur de pareilles données à peine suffisantes pour les voyageurs dont les explorations ne se relient à aucun phénomène terrestre, et on comprend pourquoi des ingénieurs ardents au travail, comme MM. Amalio Maestre et Ramon Pellico, se sont d'abord attachés à dessiner le relief des régions minérales commises à leurs soins, avant d'opérer le tracé de délimitation géologique.

Cette difficulté de se procurer des cartes tant soit peu passables détourne, *à priori*, de toute volonté de descriptions monographiques; aussi ne

peut-on se livrer avec plaisir qu'à l'examen des généralités.

La côte d'Espagne, depuis sa limite avec la frontière de France, non loin du cap de Creus, présente une série variée de terrains, qui n'est pas cependant en rapport avec la vaste étendue de pays parcouru.

Ce qu'elle offre de plus remarquable, c'est une sorte d'uniformité de composition dans chacune des formations tertiaires si nombreuses sur tout le littoral, et dessinant, pour ainsi dire, un horizon géologique qui peut servir à niveler l'âge relatif de ces contrées, celui de la côte méditerranéenne de la France et d'une partie des rivages italiens, peut-être même d'une certaine portion de l'Afrique.

Sans entrer dans les détails qu'un séjour trop abrégé dépouillerait de toute espèce de garantie, je citerai seulement, comme études futures, les environs de Barcelonne, notamment le Montouilh; quelques points autour de Tarragone, Valence, Alicante, Malaga, Gibraltar, Cadix, etc.

Ce parcours forcera de passer au travers d'Almeria, de Roquetas et d'Adra, villes que j'ai plus particulièrement étudiées.

Les bateaux à vapeur qui fréquentent les côtes d'Espagne s'approchent tellement du cap de Gate, qu'on ne peut s'empêcher de reconnaître, sans toutefois distinguer la nature des roches, un grand nombre de dislocations plus ou moins prononcées en ce point qui, avec les caps de Palos et de Saint-Vincent, imprime un cachet particulier à la partie avancée de l'Europe méridionale.

Un peu plus loin s'offre le vaste golfe d'Almeria, et sa rive déprimée et ses montagnes grisâtres se burinant en lignes assez uniformes et presque

horizontales sur le fond bleu du ciel azuré de l'Andalousie.....

L'œil de l'observateur distingue bientôt, au milieu de ces caractères généraux, d'autres grandes lignes arrêtées qui configurent, dans leurs ondulations, les sommets des Sierras de Gador, de Alhamilla ou Aljamilla, de Filabrès et de Baza. La plus rapprochée de la mer (la Sierra de Gador) se projette du côté d'Adra sur le plan de la Sierra Nevada, dont les pics neigeux dominent toute la contrée ainsi que la plaine de Grenade(1). La plus orientale au contraire semble se relier, en s'abaissant, à la charpente rocheuse du cap de Gate.

C'est dans le grand cirque formé au milieu d'elles que sont situés Almeria, la Huerta et le Rio qui, fertilisant la plaine, charrie néanmoins une partie des terres circonvoisines pour les transporter à la mer et constituer peu à peu un véritable promontoire diluvien.

La ville d'Almeria, bâtie au fond de la baie, est assise sur des roches évidemment tertiaires, généralement de nature poreuse et grenue du côté de la Cazabah, et qui renferme une série de petits fossiles souvent microscopiques.

---

(1) Mulhacen, d'après M. Amalio Maestre, est à 10.800 pieds espagnols au-dessus de la mer; Picacho de Veleta à 10.000, et la Sierra de Gador à 7.800: ce qui revient à dire que Mulhacen est élevé de 3.600 varas ou 3.006 mètres au-dessus de la Méditerranée; la Veleta de 3.333 varas ou 2.763m,05; la Sierra de Gador de 2.600 varas, 2.171 mètres.

Suivant don Simon Royas Clément, Mulhacen atteindrait 4.254 varas ou 3.552 mètres, en admettant que la vara soit égale à 835 millimètres.

D'après l'annuaire du bureau des longitudes, le Mulhacen s'élèverait à 3.555 mètres.

L'arrangement franchement mauresque des constructions s'étend le long du rivage et sur une pente peu rapide descendant vers la mer. Cette disposition donne une physionomie toute singulière à l'aspect du paysage d'autant plus bizarre et gracieux, qu'il réunit sous les regards du voyageur un ensemble de productions fort disparates. C'est ainsi qu'on voit croître à peu de distance l'un de l'autre les figuiers de Barbarie, les palmiers, les cotonniers et quelques-uns de ces arbres à pepins si abondamment répandus sur le sol de la France.

Lorsqu'on sort d'Almeria par la calle Réal, qu'on s'avance sur la grève en marchant çà et là dans la direction de petites buttes légèrement saillantes, on ne tarde pas à s'apercevoir que le sol est formé d'une espèce de brèche ou poudingue dont les noyaux sont de calcaire de transition gris noirâtre, ou bien de schistes micacés talqueux, souvent de gneiss, enveloppés dans une pâte calcaire.

Chaque fragment paraît avoir été un centre de dépôt, car une grande cassure représente en masse la structure des dragées de Tivoli; et il n'est pas difficile de s'assurer de cette assertion, pour peu qu'on parcoure les tranchées, aqueducs ou chemins qui sillonnent les champs du Granjas entre la mer et le point connu sous le nom de los Molinos del Viento.

Sur l'éminence dont je parle sont situées deux fonderies de plomb; le sol d'alentour de brèche ou poudingue à ciment calcaire ne pourrait être fertilisé sans les ressources du bel aqueduc qui alimente la ville, ou les nombreuses norias placées en mille points différents.

Une course prolongée sur les côtés du Rio

laisse voir, en plusieurs endroits, des inclinaisons prononcées du terrain moderne; toutes sont dirigées vers la mer; en approchant de la métairie de M. Jover aîné, on reconnaît que le calcaire très-récent n'empâte pas exclusivement les fragments de roches anciennes; ceux-ci sont souvent environnés de sable, lequel, dans de nombreuses circonstances, semble provenir de la trituration des galets eux-mêmes. Chaque rive du Rio en fournit des exemples.

Si l'on chemine dans la direction de la tour de Cardenas, par la ferme de Don Saint-Jover, on rencontre près de l'habitation une assise supérieure de cailloux agglomérés, parmi lesquels domine le quartz blanc, laiteux ou enfumé, et une autre inférieure de sable argile-calcaire assez fin.

Les collines d'alentour présentent une composition plus ou moins analogue; mais les couches qui les constituent plongent moyennement d'une dizaine de degrés vers le sud, ainsi qu'on peut le reconnaître en franchissant la distance qui sépare la ferme dont je viens de parler de la grande route de Grenade.

Près de la tour de Cardenas, il est aisé de remarquer des alternances souvent répétées de marnes argilo-sableuses, de sables et cailloux roulés et de calcaire argilo-siliceux; cela sans ordre réel.

Dans le défilé, sur le bord de la route royale, la couche calcaire, située sous une nappe de poudingue, fournit des fossiles parmi lesquels j'ai discerné, outre un grand pecten, des huîtres, des cyatophillies, etc., et un petit pecten absolument pareil à celui qui caractérise d'une manière particulière les terrains tertiaires supérieurs de Millas,

Neffiach, Bayuls Dels Aspres, dans le département des Pyrénées-Orientales.

La même observation peut être faite à une assez grande hauteur sur le chemin de la Monterilla; en cet endroit le terrain tertiaire qui repose sur des calcaires mêlés de schistes et traversés par des amas de quartz blanc, contient une énorme quantité de pectens et d'huîtres de deux espèces différentes.

Qu'on se dirige sur la Sierra de Benhaduz, ou qu'on continue sa route jusqu'au lieu appelé Baranco de las Hiceseras, partout on retrouvera des couches de même nature.

A mesure cependant qu'on gagne le Rio Andarax, les poudingues ou cailloux roulés augmentent notablement de puissance; c'est au point même qu'il est un endroit du ruisseau dont la berge élevée de 35 à 40 mètres est exclusivement composée de ces dernières roches.

Disons toutefois qu'il y a aussi d'autres localités offrant des nappes marneuses, grisâtres, ressemblant à des boues desséchées et des couches calcaires; à Alhavia, par exemple.

Dans cette contrée, tous les strates sont généralement horizontaux, et telle est à peu près leur position jusqu'au village de Justicion, endroit où la formation tertiaire a beaucoup diminué d'étendue.

Non loin de la fonderie dite de l'Escopeta, un profond ravin permet encore d'étudier une série composée de brèches, de poudingues et de calcaire; mais au delà, sur la route de Fondon, il ne reste presque plus de traces de cette période moderne.

D'après MM. Maestre et Pellico, le terrain

tertiaire se prolonge encore du côté de Gergal et de Baza avec des caractères identiques, et il donne lieu, près Bena Maurel comme au Baranco de las Hieseras, à une exploitation de soufre natif engagé dans du gypse cristallin.

Ce soufre, généralement en amas irréguliers, tantôt caverneux, tantôt en cristaux assez nets, présente une particularité fort remarquable; je veux parler de la présence dans son intérieur, comme au milieu du gypse, de galets ou petits cailloux roulés de quartz blanc laiteux absolument pareils à ceux des poudingues environnants. Il semblerait que les substances minérales (soufre et gypse) se soient déposées après avoir été dissoutes dans l'eau, ainsi que pourrait le faire une fontaine d'hydrosulfate saturée de chaux qui abandonnerait du soufre et du sulfate de chaux dès qu'elle serait en contact avec l'air atmosphérique.

Au nord-ouest d'Almeria, le terrain tertiaire forme des buttes assez élevées autour du chemin qui conduit aux mines de la Guerrera. Partout il ne livre à l'observation que calcaire grenu poreux, marnes calcaires et sables calcaires. Il s'arrête sur les premières pentes de la Sierra de Gador, y laissant à peine quelques lambeaux mal définis.

Dans la direction de l'ouest, c'est-à-dire du côté d'Adra, le sol qui environne Roquetas, les fonderies de l'Alhive del Vicar, del Campo de Dalhias, etc., est composé de conglomérats bréchiformes et poudinguiformes à pâte de calcaire récent. Les galets, amandes ou noyaux sont aussi, la plupart du temps, calcaires; mais d'un calcaire gris, enfumé, qui constitue la masse principale de la Sierra de Gador.

Près du Rio d'Adra, ces mêmes noyaux sont

souvent schisteux ; c'est qu'aussi la ville d'Adra est bâtie sur les tranches d'un schiste argileux passant à un schiste talqueux et quelquefois aussi à une variété de gneiss.

Ces dernières roches sont plus franchement de schiste stéatiteux, après qu'on a dépassé l'usine de l'Alqueria sur la route de Berja. Leur direction moyenne, résultant d'un grand nombre d'observations, marche de E. 15° N. à O. 15° S. Leur pendage généralement variable est cependant fortement prononcé dans le sens du sud.

Plus loin, dans la plaine de Berja, reparaissent des calcaires récents empâtant d'autres rochers; ici, malgré leur ressemblance avec quelques points observés, on ne peut reconnaître une formation dépendante du terrain tertiaire.

C'est de Berja qu'on se dirige facilement vers les régions les plus riches de la Sierra de Gador et nommément la Loma del Sueño. Tout l'espace environnant est généralement d'un calcaire gris bleuâtre et gris noirâtre, offrant çà et là des caractères d'une roche bréchiforme; j'ai fait cette même remarque dans la Sierra de Benhaduz. Ces calcaires, dont on ne voit pas bien aisément la direction, contiennent des bancs subordonnés de roches schisteuses toujours orientées E. 15° N., comme on en reconnaît des exemples sur le chemin de Santa Rita la Baja au Fondon, et dans celui qui conduit de la mine de la Guerrera à celle de l'Alcade Mayor.

Sur les deux flancs principaux, mais surtout dans celui qui regarde le midi, de grandes crevasses ou vallons sont remplies d'un terrain d'alluvion très-récent, fouillé par les mineurs afin d'en obtenir les minerais connus sous le nom de *Barranquillos*.

Il résulte de ce que je viens de dire que les mines principales de la Sierra de Gador ont pour gisement un calcaire gris bleuâtre ou gris noirâtre, qui, associé avec quelques roches schisteuses ou bréchiformes, constitue la plus grande partie des Sierras de Lujar, de Controviesa et de Gador, et que ces masses imposantes sont entourées, depuis Adra jusqu'à Roquetas, Almeria et le Fondou, d'une formation très-moderne.

On peut s'exprimer de la même manière sur la Sierra de Alhamilla, où les gisements plombeux sont tous dans le calcaire. MM. Amalio Maëstre et Pellico m'ont assuré ne connaître qu'un seul exemple de dépôt dans les schistes; c'est à Huercal Overa, point très-éloigné et en dehors du relief nord-sud qui rend la Sierra au cap de Gate très-remarquable.

Le terrain tertiaire et diluvien s'étend au pied de la Sierra de Alhamilla en nappes puissantes qui vont jusqu'au cap de Gate.

J'aurais voulu étudier cette région, qu'on m'a certifié être composée de rochers porphyriques et basaltiques (moron y cala de los Genoveses), ainsi que les nouvelles découvertes minérales qui ont été faites dans les environs (Boca de Albelda, Barranco del Arzalijo); mais j'avais une mission à remplir et je n'ai pu m'écarter du but principal de mon voyage.

En résumé, les gîtes plombeux sont renfermés dans la fente de montagnes qui bordent le littoral de Motril, d'Adra, d'Almeria et de Vera.

Tous ne sont pas également puissants; tous ne sont pas disposés de la même manière; c'est pourquoi l'exploitation s'est concentrée entre Adra et Almeria, sur les points les plus productifs.

On cite aussi des exemples d'amas ou filons cuivreux. J'annoterai les recherches de M. Kirkpatrick, à Albuñol ou Albuñou, celles de la Sierra Alhamilla; enfin la découverte d'un filon cuivreux dans le porphyre du cap de Gate.

Article 2. *Dispositions de quelques gîtes minéraux. — Du mode de les concéder. — De leur exploitation.*

Il est assez difficile de se faire une idée bien nette de la disposition des gîtes plombeux dans le sein de la terre. M. Hausmann la considère comme composée d'amas irréguliers (Putzenwercke), et M. Le Play la compare, pour quelques cantons, à une énorme amygdaloïde à pâte calcaire et à gros noyaux de galènes.

Cette idée résume assez bien ce que j'ai vu à la Loma del Sueño, dont l'aspect, à une certaine distance, ressemble parfaitement à un champ en pente qui serait ravagé par des taupes. Malgré cela, quelques personnes croient avoir observé que les veines septentrionales et orientales conduisent à des renflements plus productifs que les méridionales et les occidentales.

Cependant je doute qu'on ait recueilli beaucoup de documents à cet égard; car dans les endroits très-productifs les puits et les orifices se touchent; les exploitations s'entrelacent; de là cette suite de discussions d'autant plus interminables qu'on ne possède, pour ainsi dire, aucun plan souterrain.

Quoi qu'il en soit, les mineurs regardent comme un bon signe les terrains crevassés, un peu altérés et traversés de veines qui renferment de l'arragonite; et, sans avoir reconnu ce fait d'une ma-

nière générale, j'en ai suivi un exemple à la mine del Rosario (Sierra de Benhaduz).

Il est probable néanmoins que la plupart des puits sont percés au hasard, avec d'autant plus de raison qu'il est presque impossible d'en ouvrir un seul sans rencontrer du minerai.

Quoique M. Ezquerra del Bayo, dans son Traité d'exploitation publié en 1839, dise, page 251, que la France n'est pas une contrée minérale, qu'elle ne possède *qu'un peu de fer et un peu de houille*, que ses lois sur les mines ne peuvent servir de modèle, je ne pense pas qu'on ose jamais, dans notre pays, morceler une aussi vaste formation minérale dans la proportion adoptée pour la Sierra de Gador.

Le terrain est divisé en un nombre infiniment grand de petites pertenencias ou rectangles de 100 varas d'un côté sur 200 de l'autre; et comme il a été presque impossible d'aligner les bases rectangulaires, il reste fréquemment entre trois concessions contiguës un espace triangulaire qui appartient au premier occupant. De là discussions, puis plaintes aux ingénieurs, dont tous les instants sont employés à rétablir l'union.

Pour obtenir une ou plusieurs pertenencias, il faut faire d'abord enregistrer la demande ou déclaration chez l'inspecteur du district qui délivre les affiches (carteles) et un ordre d'affichage; donner la délimitation pour que l'ingénieur mesure les pertenencias et fixe le bornage; enfin y exécuter un puits ou une galerie de 10 varas dans un temps déterminé par la loi.

Le décret rendu, on perce la plupart du temps un puits vertical circulaire de 1 1/3 vara ou 1 1/2 vara de diamètre, desservi par un treuil fort

simple, garni seulement d'une corde en spart, à laquelle le mineur se suspend par la cuisse dès qu'il veut monter ou descendre.

Dans quelques cas seulement, on a pratiqué des espèces de descenderies (caminos) comme on en voit une à Santa Rita la Baja; mais ces descenderies sont fort pénibles, et il faut avoir une grande habitude de les parcourir pour ne pas craindre des chutes dangereuses.

On arrive par un de ces deux moyens à une veine, une fusée, ou un amas minéral qui doit être, ou suivi pour rencontrer un point plus productif, ou exploité s'il en vaut la peine.

Les minerais sont amenés au jour dans des corbeilles de spart; quant aux déblais, ils servent, excepté ceux du puits, à remblayer les excavations précédentes.

Les roches à traverser se divisent en trois classes: 1° celle qui s'abat au pic nommé *Blandura*; on la rencontre souvent aux approches des bonnes veines minérales; 2° le terrain d'apparence schistoïde ou fendillée (*ladrillada*); 3° le terrain à la poudre (*el duro*); c'est le plus souvent un calcaire noirâtre excessivement compacte et traversé parfois de petites veines de calcaire spathique blanchâtre.

Les mineurs espagnols doivent donc se servir à peu près des mêmes outils que ceux des autres nations. J'en ai mesuré plusieurs dont voici les principales dimensions : les fleurets (*barrenas*) ont environ $0^m,30$ à $0^m,40$ de longueur sur $0^m,025$ de mèche (*bisel*); la curette (*cuchara*) est proportionnelle; les massettes (*martillos* ou *masitas*) ont à peu près $0^m,12$ de longueur et $0^m,05$ sur $0^m,05$; leur manche ne dépasse pas souvent plus de $0^m,12$ à $0^m,15$ ou $0^m,18$.

Les pics (*picos*) sont longs de 0m,32 ; le centre de l'œil se trouve à 0m,20 à partir de la pointe, ou 0m,12 de la tête, qui possède 0m,03 sur 0m,03. Elle est à angles légèrement rabattus ; le manche a 0m,30 de longueur ; les cartouches que j'ai vues à la mine de l'Alcade Mayor étaient longues de 0m,12, et les canettes, façonnées comme de petits cornets, de 0m,07. Les épinglettes (*abujas* ou *ahujas*) ont 0m,30 de longueur et 0m,35 pour les trous les plus profonds.

Tous ces objets sont fabriqués en fer de Malaga ou en fer de Navarre et de Biscaye ; plus rarement de ces deux localités, en raison de la guerre civile.

Lors de mon passage, ce métal valait à Almeria de 30 à 36 réaux le quintal castillan ; mais il est ordinairement beaucoup meilleur marché.

La poudre se fait, la plupart du temps, dans des manufactures clandestines situées du côté de Ventarique, où elle se vend, soit aux exploitants, soit aux mineurs, 28 quartos la livre castillane, tandis que celle de l'état coûte 5 à 6 réaux.

Le nitre est extrait par la lixiviation des poussières des rues ; quant au soufre, on le prend à Bena Maurel ou au Baranco de las Hieseras.

C'est avec ces instruments de travail que le mineur espagnol se fraye dans l'intérieur de la terre des passages où il est souvent impossible de circuler autrement qu'à plat ventre, cherchant à droite et à gauche le minerai qu'il peut rencontrer et l'abattant dès qu'il le trouve.

On a beaucoup tourné en ridicule cette exploitation traitée de sauvage ; et cependant, lorsqu'on songe à l'extrême rareté du bois, à la nature parfois très-ébouleuse du terrain ; on comprend qu'il

serait impossible de percer de grandes galeries. Les outils espagnols sont donc par leurs petites dimensions merveilleusement appropriés au but qu'on se propose ; on produit, il est vrai, à chaque coup de poudre, peu d'effet utile, mais l'ouvrier de la Sierra de Gador possède autant de patience qu'il est sobre, courageux et travailleur.

Une fois que les minerais sont tombés de la taille, des enfants s'en emparent et les transportent, toujours dans des corbeilles en sparte, près de l'emplacement du puits. La corbeille est ensuite attachée à l'une des cordes d'ascension et monte au jour.

Quant aux corbeilles vidées à l'extérieur, elles sont jetées du haut en bas du puits.

Les mineurs s'éclairent avec de petites lampes découvertes consommant une très-grande quantité d'huile. Pour ce qui regarde les rouleurs, on laisse sur les chemins (*caños*) par où ils doivent passer des lampes qui sont enchâssées dans les parois de la galerie.

Cette méthode est fort ancienne sans doute, puisque M. Pellier a trouvé dans une position pareille une lampe en terre soupçonnée phénicienne.

M. Ezquerra décrit ainsi le moyen usité dans certaines mines (1), pour l'éclairage. « Dans de » petites loges ménagées de distance en distance, » sur l'une des parois des galeries, sont placées un » certain nombre de lampes (2) qui doivent » éclairer les passants. Lorsqu'une bande (un

(1) Elementos de laboreo de minas, 1839, page 341.

(2) *Candileja* signifie seulement le godet des lampes, ce qui reçoit l'huile.

» poste) de mineurs entre dans la ligne, un seul, » celui qui marche en avant, tient une lampe » allumée, une cruche d'huile et une provision » de mèches; ce premier mineur allume toutes » les lampes qu'il rencontre, en ayant soin d'ar- » ranger celles qui ne sont pas en règle; le mi- » neur de la queue marche en éteignant les mè- » ches.

» Il résulte de cette manœuvre assez ingé- » nieuse qu'on peut éviter de porter dans le trajet » des lampes allumées, et que les mineurs gagnent » ainsi leurs places où ils trouvent celles qui doi- » vent leur servir. »

Pour moi, je n'ai rien vu de pareil, si ce n'est ce que j'ai déjà indiqué à l'usage des rouleurs; et, je l'avoue, je préfère les lampes de Saint-Étienne ou celles de Poullaouen à tous ces vases découverts.

L'administration des mines n'est pas organisée d'après le même système dans toute la Sierra de Gador; vers la partie orientale, qui porte le nom de Sierra de Benhaduz, les ouvriers travaillent de soleil en soleil et n'ont qu'une heure pour dîner.

Ils sont payés ainsi qu'il suit :

Mineurs (*Picadores*) 7 à 8 réaux;

Tournicoteurs au trueil 5 à 6 réaux;

Enfants décombreurs 3 à 3 1/2 réaux;

Et l'on fournit aux ouvriers la poudre, l'huile, l'eau et les outils.

J'ai parlé plus haut du prix de la poudre; quant à celui de l'huile, il varie beaucoup et dans des limites très-étendues.

L'eau est au contraire d'une valeur à peu près constante; quatre cruches, qui font une charge,

coûtent 2 1/2 à 3 réaux. On la tire d'une lieue environ de distance et d'un endroit appelé Fuente de la Peinada, sur le bord de la route menant d'Almeria à Grenade.

Pour donner une idée du terrain, je dirai qu'avec ces prix divers, le puits de la mine de l'Alcade Mayor, qui tient de 1m,10 à 1m,20 de diamètre, est revenu approximativement de 3 à 4 piastres fortes en terrain moyen la vara courante, et 8 piastres en terrain dur.

M. Amalio Maestre m'a dit que dans un terrain où le mineur est obligé d'employer la poudre, on ne peut creuser (Sierra de Gador) que la valeur d'un mètre cube français en quatre jours, et encore faut-il une bonne ventilation, sans cela on n'en fait que la moitié.

Le prix s'élève jusqu'à 250 francs, monnaie française, pour une valeur représentant un mètre cube, mais le prix moyen et le plus fréquent se trouve être de 40 francs.

En terrain tendre, on a approfondi environ 1 1/2 mètre cube par jour pour une somme de 6 à 8 francs.

Aux environs du canton connu sous le nom de Loma del Sueño, et qui comprend plusieurs mines importantes entourant el Almacen de los Molineros, on fournit tout aux ouvriers, et de plus on les nourrit sur la base suivante, à Santa Rita la Baja :

Au déjeuner, pain de bonne qualité, eau, huile, vinaigre et sel.

Au dîner, haricots, fèves et riz, quelquefois, mais rarement, garbanzos; pain et eau à discrétion, huile et sel.

Le souper ressemble au déjeuner.

L'eau, qui est excellente, vaut de 1 1/2 à 2 réaux la charge.

Les picadores sont payés 5, 6 et 7 réaux, quelquefois, rarement, 8 réaux.

Les tournicoteurs 4 et 5 réaux.

Et les gamins (souvent trop jeunes) environ 2 réaux.

Le surveillant, le véritable homme de confiance des entrepreneurs, se nomme *capataz*, tandis que le maître mineur ou chef des travaux souterrains porte le nom de *capataz de gabia* ou *gavia*.

Ces hommes veillent à la bonne exécution du travail ; leurs fonctions sont peu pénibles en raison de la docilité et du dévouement des mineurs de cette contrée. Jamais je n'ai vu de travailleurs pareils : toujours disciplinés, pleins de zèle, sobres et peu avides. Il ne leur manque qu'un peu plus de capacité, car pour l'intelligence, elle est développée chez eux au suprême degré.

Le mineur espagnol forme une de ces races d'hommes qui honorent toujours une nation par mille qualités diverses et essentielles aux travailleurs.

Les mines de la Sierra de Gador ont eu des époques plus florissantes que celles actuelles ; on m'a garanti, par exemple, durant mon séjour à Adra, qu'elles occupaient en 1836 environ 20,000 individus, tandis qu'aujourd'hui leur nombre ne dépasse pas 14,000. C'est qu'aussi quelques-unes des anciennes exploitations qui ont fait la fortune de Berja, se sont considérablement appauvries et que d'autres, sans diminuer de ressources, ne les fournissent plus qu'à une profondeur assez grande.

On peut citer Santa Rita la Baja, qui pendant

un temps, a procuré 60,000 arrobas de minerai par barrada, et n'a pas donné plus de 30 à 34,000 arrobas dans les quatre derniers mois.

La profondeur verticale du gîte de 127 varas est divisée en deux relais, dont un de 72 et le second de 55 varas.

San Adriano extrait, dit-on, 700 arrobas par 24 heures; c'est le produit de 120 ouvriers, dont 60 de nuit et 60 de jour.

Les tourneurs sont en trois relais; ceux du jour, au nombre de quatre, extraient de 86 varas les 700 arrobas; le tambour du treuil est de $0^m,70$ de diamètre; le rayon de la manivelle $0^m,50$; la table de $1^m,50$ de longueur; la manivelle passe en tournant à $0^m,30$ de terre, ce qui fatigue horriblement les ouvriers.

Le deuxième relai opère son extraction de 84 varas environ et le troisième de 24 seulement parce qu'on est en percement.

Parmi les 120 ouvriers dont j'ai parlé, produisant 700 arrobas dans les 24 heures, on compte à peu près 40 picadores.

Une autre mine, Los Aranjez, presque abandonnée il y a 5 à 6 mois, se trouvait en août 1839 en position de livrer à l'extraction 3,000 arrobas par jour.

Je n'ai pu obtenir de renseignements sur les exploitations dites de Barranquillos; il paraîtrait qu'elles sont encore plus irrégulières en production que celles gisant dans la Sierra. Malgré les chiffres précédents, on se plaint en général de la décadence des mines du centre de la Sierra de Gador; heureusement pour l'Espagne que de nouvelles découvertes s'opèrent chaque jour surtout dans la direction de l'ouest.

Je ne sache pas qu'on ait conservé dans les exploitations de la Sierra le souvenir de phénomènes souterrains qui devraient être nombreux en raison de la multiplicité des excavations ; on dit seulement que M. Kirkpatrick, en faisant percer un puits, a rencontré un courant d'air tellement fort par les temps calmes, et sortant avec un bruit si étrange, qu'on avait appelé cette mine, mina del Viento; elle a été abandonnée.

Les minerais, une fois amenés au jour, sont partagés en trois catégories : le massif à grandes facettes ou minerai d'exportation (*alcohol de Hoja*) et celui à grains fins ou *acerado*, dit de fusion; le minerai de la troisième catégorie doit être broyé et épuré. Celui-ci est presque toujours mélangé de chaux carbonatée, de chaux fluatée et de carbonate de plomb.

Le cassage s'opère avec une grosse pierre ou un marteau dans une corbeille de sparte, puis on tamise sur un crible de 0m,30 à 0m,40, dont les fils de fer, qui ont 0m,001, sont également espacés d'un millimètre.

Après cette opération, on procède au vannage; il s'exécute dans un cylindre fort bas de 0m,40, 0m,50 et 0m,60 de diamètre; la hauteur n'excède pas 0m,06 à 0m,10. Les bords en sparte sont retenus par un cerceau qui sert aussi à soutenir le fond composé d'une forte toile garnie de résine.

La manœuvre consiste à imprimer aux matières un mouvement de rotation, puis à éliminer les plus légères qui tournent à la surface, par un léger coup de main qui les force à s'échapper dans le sens de la tangente.

Tout cela est sans doute imparfait; mais les ouvriers espagnols ont acquis en ce genre une habi-

bileté étonnante. Qu'on substitue seulement la masse plate au grossier cassage; le ventilateur de M. Grand Besançon, décrit dans les Annales des mines, à ce qui existe aujourd'hui, et l'on aura un excellent mode de préparation mécanique; car les gangues sont toutes de beaucoup plus légères que le minerai.

Les matières résultant du triage sont des fragments de galène gros comme des noisettes, appelés *grabillos*, et une poudre métallique renfermant beaucoup de plomb carbonaté et de particules de sulfure de plomb.

Remarquons en passant que tous les outils d'extraction, paniers, corbeilles, etc., sont fabriqués par les ouvriers eux-mêmes.

Lorsque les galènes sont triées et purifiées, le capataz les pèse afin de pouvoir les livrer soit aux muletiers qui viennent les prendre directement pour les fonderies, soit aux entrepôts qui existent à cet effet dans la montagne.

Les mines, dont je viens de parler longuement, sont pour l'ordinaire la propriété de petites sociétés qui règlent leurs comptes assez souvent.

Du côté d'Almeria, la varada, ou arrêté de comptes, a lieu tous les mois, tandis qu'il ne s'exécute que tous les trois mois à Berja, centre principal des exploitations. Comme il arrive toujours en matière de mines, les uns perdent alors que les autres gagnent... En somme, on peut dire que l'exploitation des mines a été excessivement favorable et lucrative pour tout le pays où elle s'est développée vigoureusement. On cite à Berja de grandes fortunes qui en sont la conséquence, et cela sous l'empire du décret du 4 juillet 1825, qui imposait chaque pertenencia d'un droit an-

nuel de 1,000 réaux et de 5 p. 0/0 dans les bénéfices (fructos estraidos).

Par une délibération des Cortès et un ordre royal du 20 juillet 1837, la redevance fixe a été réduite à 200 réaux pour chaque pertenencia.

(*La suite à la prochaine livraison.*)

MÉMOIRE

Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de plomb dans les environs d'Almeria et d'Adra (Andalousie);

Par M. ADRIEN PAILLETTE, Ingénieur civil.

(SUITE.)

FONDERIES ESPAGNOLES.

Article 3. *Fourneaux à réverbère, indigènes, importés. — Fourneaux à manche. — Traitement des minerais dans chacun de ces appareils.*

La loi déjà citée du 4 juillet 1825 accordait une surface de 100 varas carrées aux personnes qui voulaient établir une fonderie, et elle exigeait pour une si petite concession une redevance fixe annuelle de 500 réaux.

Bientôt on reconnut la défectuosité de cette mesure qui restreignait beaucoup trop les établissements métallurgiques, et l'ordre royal du 20 juillet 1827 a exempté les usines de tout droit fixe pour les pertenencias.

Il résulte de ces faits qu'on peut ériger une fonderie, dès qu'on est propriétaire d'un terrain quelconque, et qu'il est en même temps très-facile de s'installer sur les terrains domaniaux.

La plupart des fonderies qu'on rencontre au-

tour d'Almeria et dans la Sierra de Gador se composent d'un, deux ou trois fourneaux à réverbère (horno reverbero), et assez souvent aujourd'hui d'un fourneau à manche (pava).

Les plus grandes sont celles qui sont situées aux environs de Roquetas et près de la Venta del Campo de Dalias.

Celle de la Maria contient quatre fourneaux à réverbère, et on en reconnaît cinq dans la fabrique del Campo de Dalias qui ne marchent plus depuis un an.

Un fourneau à manche (horno castellano ou pava) est adjoint aux autres pour le traitement des crasses blanches.

Enfin on a construit sur la plage d'Adra deux fort beaux établissements à l'anglaise, parmi lesquels il faut distinguer surtout celui du sieur André, installé dans des proportions gigantesques.

J'aurai donc à parler dans cet article des usines du pays et de celles qui ont adopté les procédés importés d'Angleterre.

A.

Usines du pays.

Les usines espagnoles sont d'une simplicité remarquable et parfaitement appropriées à la nature des minerais exploités jusqu'ici, à celle du combustible employé, enfin au caractère général des habitants, qui ne possèdent pas encore des idées bien nettes sur les avantages des grandes associations, et que l'insuccès de la fameuse compagnie des Alpujarras a dû rendre plus timides encore.

Durant mon séjour à Almeria j'ai cherché à évaluer le prix d'une usine remarquable par l'économie des constructions ; elle était composée :

1° D'une maison d'habitation pour le commis ;

2° D'un magasin et d'une halle avec deux fourneaux à réverbère ;

3° D'une cabane pour abriter un soufflet en cuir ;

4° D'un fourneau à manche presque toujours en plein air.

Eh bien ! quelle qu'ait été l'exagération de certains chiffres, je n'ai pu dépasser la somme de 8,000 fr. ; mais, hâtons-nous de le dire, tous les édifices sont façonnés à l'andalouse, c'est-à-dire les murs en pisé blanchi et les toits ou terrasses en roseaux garnis de mortier.

Les fourneaux sont en moellons grossiers, si ce n'est à l'intérieur, où ils sont revêtus d'une chemise de grosses briques faites avec une sorte d'argile réfractaire provenant de la décomposition des schistes talqueux et nommée *launa*.

De loin ces ateliers métallurgiques, dont les cheminées ne dépassent guère le toit, ressemblent à de véritables huttes ; mais sous ces huttes sont des hommes énergiques qui ont mis à profit les ressources d'un sol ingrat dépourvu de toutes les espèces de combustibles si communes dans les autres contrées de l'Europe.

Je l'avouerai, je me suis complu à admirer ces moyens simples d'exécution, autant parce qu'ils peuvent recevoir des applications dans certaines parties de la France, que parce qu'ils modifiaient chaque jour mes idées sur le caractère espagnol, si noble, si grand toutes les fois qu'on l'étudie

en dehors des villes, et surtout des ports de mer (1).

Ainsi que je l'ai dit, les fourneaux sont construits en moellons, presque sans aucune de ces nombreuses armatures en fer dont le prix augmente souvent du double celui de l'appareil en maçonnerie. Quelques contre-forts empêchent la poussée.

L'intérieur seul est mieux soigné. Au surplus, les *fig.* 1, 2, 3, *Pl. III*, qui représentent deux fourneaux appartenant à deux excellentes usines, donneront une idée plus exacte que ne le pourrait faire toute espèce de description.

En général on varie peu les formes, et si l'on trouve des différences, elles sont simplement dans les dimensions : c'est ce qui a fait appeler le four ordinaire *horno reverbero*, et tous les autres plus petits *boliches*. On voit donc que *boliche* signifie un appareil de moindre dimension, quelles que soient, au reste, les dissemblances des mesures.

Les approvisionnements en minerai étant opérés, on allume les fourneaux; ordinairement on n'a pas besoin de laisser longtemps les parois intérieures et les soles se sécher à l'air libre, parce que la température du pays en opère rapidement la dessiccation.

Dès que le chef fondeur a reconnu par l'habitude que tout est en règle et qu'on peut charger, il introduit dans le fourneau du minerai assorti

---

(1) Les montagnes des Corbières et une partie de celles des Pyrénées-Orientales, qui renferment de nombreux gîtes métalliques, manquent souvent d'eau et de bois. Ne serait-ce pas le cas de tenter les usines simples, qui auraient de plus que les usines espagnoles les ressources des houillères de Ségure?

en proportions diverses d'alcohol acerado et de grabillos.

On donne le nom de *liga* à cette réunion de minerais.

Mais il est important de remarquer que jamais un fondeur ne s'aventure à marcher, s'il n'a pas auparavant étudié le vent dominant et disposé convenablement le registre, que les ouvriers espagnols comparent au gouvernail d'un navire et qui a pour but d'obtenir de la flamme un effet qu'on ne pourrait espérer si le canal de la cheminée était immédiatement appliqué à la voûte du réverbère.

Tout étant donc disposé, 60 arrobas de liga sont projetées dans le fourneau avec des pelles ou une sorte d'instrument en tôle à rebords et garni de deux poignées.

Cela fait, on relève le minerai tombé dans le bassin intérieur, et on range le tout sur la sole de manière à présenter la plus grande surface possible à l'action de la flamme. On chauffe assez fortement, et on produit dans la première demi-heure une flamme un peu réductive. Au bout d'une heure cependant, la flamme est beaucoup plus oxydante, mais le fourneau est alors très-chaud, et les ouvriers, qui ont souvent agité la matière avec un simple ringard droit, la trouvent en pâte à cette époque.

Il y a déjà un peu de plomb ruisselant; peut-être vient-il des carbonates réduits sous l'influence de la flamme réductive.

On continue alors le brassage, qui ne s'exécute pas en retournant la matière comme dans les fourneaux bretons, mais seulement en ouvrant la masse avec un fer pointu. Il est bien entendu

qu'on chasse les matières et qu'on les repousse avec un râble ordinaire dès qu'elles viennent au devant de la sole; ce qui arrive fréquemment, surtout vers la fin de l'opération.

N'oublions pas de dire que le feu, durant tout ce travail, est souvent intermittent et peu régulier, et qu'il est alimenté au moyen d'une plante herbacée nommée *atocha* ou *padre del esparto*. Souvent aussi on emploie des romarins, des bruyères, etc.; mais l'atocha est préférée.

L'aspect du foyer, qui ne possède pas de grille, prouve que les combustibles sont imparfaitement brûlés; les cendres sont très-alcalines et passent en partie dans l'intérieur du fourneau.

L'opération, durant laquelle il est impossible de voir un grillage proprement dit, dure près de cinq heures; on passe cinq charges par 24 heures, et chacune d'elles, composée de 60 arrobes, fournit 38, 39, 40 arrobes de plomb marchand; plus une certaine quantité de crasses blanches qui n'est pas pesée et qu'on retire par la seule et unique porte de travail avec un râble.

Le combustible n'est pas supputé en volume ou en poids : on dit simplement qu'on en consomme pour une valeur de 150 à 200 réaux; et comme les prix sont très-variables d'un point à un autre, il en résulte qu'on ne peut se former une idée bien nette de l'effet utile produit par un poids donné d'atocha.

Je désirais vivement y parvenir : aussi me suis-je informé du prix d'une charge d'atocha, qui pèse, d'après les dires d'un porteur, de 6 à 7 arrobes, et coûte 4 à 5 réaux. Je crois que ces chiffres présentent trop peu de certitude pour qu'on

s'aventure à les employer comme bases de calculs.

Les ingénieurs espagnols et les propriétaires de fonderies admettent qu'il faut un quintal et demi castillan de minerai pour obtenir un quintal de plomb marchand, dans la fabrication à l'atocha, c'est-à-dire que les galènes rendent du premier jet 66,60 p. o/o.

Quoi qu'il en soit, le tableau suivant, sur lequel on peut compter, puisqu'il a été extrait des livres de l'usine dite l'Alhive del Vicar, près de Roquetas, fixera les idées avec plus de certitude.

J'ai pris, comme on le voit dans ce tableau, un nombre quelconque de jours pour établir les moyennes du rendement.

La charge fixe du fourneau est de 300 arrobes :

MOIS observés.	NOMBRE des journées de travail.	RENDEMENT.		
		MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYEN.
Mai.	27	206	194	200
Juin.	14	196	184	190
Juillet. . . .	17	197	165	188
Août.	7	197	193	195

La moyenne générale du rendement pendant le nombre total des jours de travail ci-dessus indiqués est donc, par charge de 300 arrobes, de 193 arrobes, 25, ou de 64,42 pour cent.

Les minerais qui ont fourni ces résultats viennent du centre de la Sierra de Gador, et notamment des mines de la Estrella, de los Arencès, los Anjelès, San Vicente, la Raja, el Moreno.

Dans la partie orientale, où se trouvent les mines de la Monterilla, de San Urbano, del Jambon, San Antonio, del Cura, del Alcalde Mayor, de la Guerrera, etc., on admet que les galènes rendent jusqu'à 10 p. 0/0 de moins, et quelquefois même 15 p. 0/0 (1).

On m'a certifié que le grand boliche de l'usine de Don Luis Lopez, au lieu dit los Molinos del Viento, près d'Almeria, recevait par 24 heures 250 arrobes de minerai et rendait près de 160 arrobes de plomb.

Dans le cours de la description du procédé de fondage, je me suis abstenu, pour arriver plus vite au but, de parler des coulées. Elles offrent cependant un caractère d'originalité dont il est bon de faire mention.

On remarquera d'abord, sur les *figures* 1, 3, *Pl. III*, la disposition de la voûte V qui conduit au bassin intérieur.

Le sol de cet espace en plan légèrement incliné n'offre, pour maintenir le plomb, qu'un rebord peu élevé, de $0^{m};07$, sur lequel se trouve une barre de fer destinée à soutenir les ringards.

Lorsque le chef fondeur a reconnu que le moment est venu de faire la coulée, il remue le bain intérieur pour forcer la matte, lorsqu'il y en a, à remonter entièrement à la surface ; puis on perce et on écoule dans le grand bassin.

---

(1) Résultat communiqué par M. Baron, riche manufacturier et vice-consul d'Angleterre.

On projette alors à la surface du métal des brindilles de bois, qui, en Espagne comme à Poullaouen, ont pour but d'épurer le plomb, c'est-à-dire de diviser la matte en se charbonnant. Ici on n'écume que peu ou point, parce que le moulage s'effectue à travers un petit trou par lequel le plomb s'écoule dans des lingotières enchâssées au niveau du sol.

Il est alors nécessaire de nettoyer la surface des lingots; aussi un ouvrier a-t-il soin d'enlever les matières étrangères au moyen de deux morceaux de bois qu'il tient sous un certain angle.

Le service d'un fourneau à réverbère espagnol exige dix ouvriers divisés en deux postes. Les deux chefs reçoivent chacun environ 2 fr. 75 c. de notre monnaie, et les autres travailleurs de 5 à 6 réaux.

Le procédé que je viens de décrire éprouve, au milieu des nombreuses usines qui l'ont adopté, des variations peu importantes; le plomb qui en résulte est d'une bonne qualité. Quant aux crasses blanches (*horruras*), on les traite dans des fourneaux à manche tout aussi simples d'extérieur que les fourneaux à réverbère : on les appelle *pavas* ou *hornos castellanos*.

Les fourneaux à manche sont construits en moellons; leur chemise seule est façonnée en grosses briques faites avec la launa (*fig.* 7 et 8, *Pl. III*).

Ils sont alimentés avec du charbon de bois de diverses essences, parmi lesquelles dominent l'olivier, le chêne vert, le lentisque, le genévrier, etc.

La machine soufflante n'est autre qu'un soufflet en cuir à double vent, ayant $2^m,40$ de longueur et 1 mètre environ de hauteur à chaque comparti-

ment : trois hommes armés d'un levier suffisent pour mettre cet appareil en mouvement.

L'air est conduit, au moyen d'un manchon en cuir, dans un tube en argile servant à la fois de buse et de tuyère. Quelquefois on a employé les trompes, à l'Alqueria, par exemple, et dans une autre usine située sur les bords du Rio Andarax, non loin d'Insticion : cette dernière a fondu beaucoup de crasses des anciennes fonderies royales d'el Presidio et d'el Cora de Canajyala.

Un atelier de fourneau à manche en Andalousie, n'est autre chose qu'un hangar en roseaux pour abriter le soufflet; car la pava elle-même se trouve en plein air.

Ces fourneaux se mettent en feu avec assez peu de soin, et on ne s'occupe guère d'échauffer la sole ou de lui donner de la solidité, par le passage d'une première couche fusible; on sait cependant que cela est nécessaire, mais on ne m'a pas dit qu'on le fît généralement.

Une fois la pava allumée, ce qui n'est pas long à exécuter (1), on la charge absolument comme un fourneau à manche, c'est-à-dire le charbon sur le poitrail et les matières à fondre vers l'arrière.

La liga ou couche de fusion est composée d'une partie d'anciennes scories (escorias) sur deux de crasses blanches (horruras) : aussi ce mélange passe-t-il facilement.

Les scories qui en résultent sont coulantes, bien vitrifiées la plupart du temps.

---

(1) Une personne digne de foi m'a assuré que les pavas de Linarès étaient plus petites encore que celles de la Sierra de Gador, et je tiens de M. Amalio Maestre que leur allure est ordinairement bonne.

Quant au gueulard, il fume beaucoup, et il m'a été très-facile de me convaincre d'une grande perte en plomb par l'étude spéciale que j'ai faite du fourneau de M. Baron, au port d'Almeria.

Les ouvriers espagnols ne se guident pour le chargement que d'après la descente des charges; ils n'emploient pas de bécasse, et ne visitent pas la tuyère, puisqu'elle est liée intimement au soufflet. Le poitrail du fourneau ne possède point d'œil, sans doute parce que l'arrière est presque toujours trop chaud. Tous les fourneaux hors feu que j'ai visités m'ont présenté ces caractères.

On tient beaucoup de charbon sur le bassin intérieur; ce qui fait que le plomb coule très-chaud.

Un fourneau à manche passe moyennement dans les 24 heures 100 à 120 quintaux castillans de crasses blanches, dont on retire depuis 12 jusqu'à 20 p. o/o, et on brûle dans le même temps de 35 à 40 quintaux de charbon de bois.

Lorsqu'on se sert de coke, comme cela se passe dans les ateliers de M. Baron, qui a eu la complaisance de me fournir les résultats que je viens de citer, on le mélange par 1/3 ou par 1/4 avec le charbon de bois.

Ce dernier vient des environs et de l'île d'Ivica; mais étant fabriqué avec du pin, il fournit beaucoup de fraisil et passe pour moins chaud : ce qui est évident, d'après la nature des essences.

Le prix de ces charbons varie suivant les besoins : il se tient entre 2 1/2 à 3 réaux l'arrobe, c'est-à-dire de 10 à 12 réaux le quintal.

Le coke a été jusqu'à ce jour tiré d'Angleterre, et tout récemment on en a fait venir de Marseille : il revient dans l'usine, droits acquittés, de 12 à 16 réaux le quintal, suivant la valeur du fret.

Un fourneau à manche occupe par 24 heures six souffleurs, payés de 6 à 8 réaux, et six autres ouvriers manœuvres et fondeurs en titre.

Ces manœuvres reçoivent également 6 à 8 réaux par poste. Quant aux fondeurs, ils ont presque toujours 10 réaux. On admet qu'en se reportant au point de départ, c'est-à-dire à un poids voulu de galène, le fourneau à manche élève le rendement de celle-ci de 3 à 4 p. o/o.

On se proposait, lors de mon passage, de fondre dans la pava des plombs carbonatés massifs et fort beaux, découverts depuis un an ou dix-huit mois dans la Sierra du cap de Gate. Je ne sais quels résultats on a obtenus.

B.

Usines à l'anglaise.

C'est sur la plage d'Adra qu'ont été érigées les deux seules usines qui marchent d'après les méthodes anglaises, et une d'elles, la fabrique de Saint-André, se distingue par la vaste étendue de ses bâtiments, la beauté de ses appareils et le nombre de ses fourneaux.

C'est aussi celle que j'ai visitée avec le plus d'intérêt, tant pour ces motifs que pour le rôle important qu'elle joue dans la partie financière de la métallurgie du plomb.

L'usine de Saint-André se compose :

1° D'une grande halle construite en briques et renfermant 10 fourneaux à réverbère anglais;

2° D'un hangar avec chambres de condensation, sous lequel se trouvent 6 fourneaux à manche;

3° D'un atelier de laminage mû par une ma-

chine à vapeur, qui alimente aussi les fourneaux à manche et fait marcher;

4° Un banc d'étirage pour les tubes sans soudure;

5° Une machine à broyer, aujourd'hui délaissée.

L'usine comprend, en outre, des ateliers de serrurerie et une fabrique de plomb granulé possédant une tour monumentale, dont le sommet est élevé de 77 varas au-dessus de la cour des ateliers.

Enfin, une immense maison de direction et quelques logements particuliers complètent ce vaste établissement, dont le luxe contraste singulièrement avec les modestes ateliers de la Sierra de Gador et d'Almeria.

Aussi n'a-t-on pas lieu de s'étonner que la première compagnie se soit ruinée après avoir engouffré dans les constructions plus d'un million de francs.

Des frais d'état-major en dehors de toute proportion n'ont pas peu contribué à accélérer cette catastrophe.

Quoi qu'il en soit, examinons ce qui se passe dans le traitement suivi à Saint-André.

Les six ou sept fourneaux à réverbère qui marchent constamment suivent deux procédés différents : les uns écoulent des scories liquides, et les autres ne produisent que des frites ayant de l'analogie avec les anciennes crasses blanches de Poullaouen.

On ne trouvera donc pas singulier que je me sois surtout attaché à étudier les allures de ces derniers fourneaux, marchant en général à une température plus basse que les autres, et ayant plus

d'analogie par leurs produits avec les fourneaux bretons et espagnols.

Les fourneaux ont été construits en briques anglaises, sur le modèle de ceux qui sont usités dans le nord du pays de Galles; les *figures* 9 et 10 des planches jointes au mémoire de MM. Coste et Perdonnet (*Annales des Mines*, 2ᵉ série, t. VII, 1830) en fournissent une idée assez exacte; cependant la sole m'a semblé beaucoup moins déprimée, et chaque fourneau possède une cheminée indépendante, contrairement à ce qui existe dans l'usine de lord Grosvenor près de Holywell. Je dois annoncer toutefois qu'on s'occupe depuis quelques mois de construire une cheminée commune.

Au surplus, je dirai que ce fourneau a six portes, dont trois du côté de la coulée et trois sur l'arrière. C'est de ce côté que se trouve aussi celle du foyer.

Ce dernier est isolé du fourneau par sa construction et son armature; il communique au moyen d'un rampant à une ouverture servant de ventouse, et la grille, dont les barreaux sont peu espacés, est située au-dessus d'un bassin plein d'eau.

Les portes des fourneaux portent différents noms, dont on ne comprend pas bien la valeur, si ce n'est pour celle du milieu, qu'on nomme *puerta de la pila* (porte de l'auge).

Celles du bout qui correspondent au rampant de la cheminée semblent faire office de ventilateurs. Elles servent, avec deux pierres placées sur ce rampant pour tenir lieu de registres, à régulariser la nature du feu.

Entre les deux portes du milieu, tout près de celle qui est opposée à la coulée, existe un trou qui communique par le dessous du fourneau avec un ori-

fice extérieur situé au bout dudit fourneau, près de la cheminée.

La voûte est garnie d'une trémie en fonte, qui sert à introduire le minerai.

Les galènes proviennent du centre de la Sierra de Gador; elles arrivent par Berja et sont déposées dans une enceinte, où des enfants s'occupent à les classer.

L'alcohol de hoja, qu'on dit mauvais pour les fourneaux parce qu'il coule trop, est mis à part pour être vendu aux potiers, tandis qu'on réserve le minerai à grains d'acier, les grabillos et les barranquillos.

Jadis on broyait entre des cylindres anglais les matières destinées à la fonte; mais on prétend avoir reconnu que cela est parfaitement inutile : nous verrons dans la suite de ce mémoire si l'on doit exclusivement adopter cette assertion.

Les minerais sont donc introduits dans les fourneaux en morceaux plus ou moins gros; car le mélange se compose de parties égales de grabillos et de minerai massif.

25 quintaux castillans, c'est-à-dire 1150 kil., tel est le chiffre adopté pour une charge qui dure environ six heures, et pendant ce temps, elle est soumise au travail décrit ci-après, et dont les détails diffèrent de ceux qui ont été fournis par MM. Coste et Perdonnet, quoiqu'il y ait, *à priori*, apparence de similitude dans le fond de l'opération.

Lorsque le minerai est parvenu sur la sole à travers la trémie, ce qui ne se fait qu'après un nettoiement préalable de la surface, et dans un moment où la température du fourneau est fort élevée, un ouvrier, placé à la porte du milieu de

la face de coulée, le rejette sur le côté de l'autel, en se servant d'une spadelle dont les dimensions sont absolument celles des spadelles du fourneau à réverbère de Poullaouen.

Pendant ce temps, un autre ouvrier égalise les matières avec un râble qu'il introduit par la première porte du côté de la chauffe; le même travailleur revient en faire autant par la première porte de la face de coulée.

On profite de l'époque du chargement pour nettoyer le bassin plein d'eau qui existe sous la chauffe. On en retire les scories, les cendres et les escarbilles qui s'y trouvent, et on les porte sur la plage, où elles sont triées dans un crible cylindrique.

Le minerai refroidit le fourneau ; mais comme celui-ci était fort chaud au moment où on l'a descendu sur la sole, il en résulte un décrépitement assez fort qui entraîne des lamelles de galène du côté de la cheminée.

Le fourneau étant chargé, on ferme toutes les portes et on active un peu le feu en jetant du charbon sur la grille, et on se dispose à la coulée de la charge précédente.

Le dessus du bain intérieur est encore couvert de matière pulvérulente et d'une matte ou crasse riche à ressuer.

La coulée s'exécute en débouchant avec un ringard une fente à ce destinée, haute de 50 c., et quelquefois de 60 et 70 c., de manière à arriver au fond du bassin intérieur.

On écume la matte et la matière pulvérulente ; comme leur réunion forme un tout spongieux, on les comprime pour en extraire le plomb métallique, puis on les rejette dans le fourneau par la troisième porte.

On égalise ce qui est introduit au moyen d'un râble, et on les répartit assez également entre les portes n° 3 des deux faces; il résulte de cette disposition que le minerai occupe à une certaine époque tout l'espace compris entre le pot intérieur et l'autel de la chauffe, tandis que les crasses à ressuer se trouvent entre le même pot intérieur et l'entrée du rampant de la cheminée.

L'opération de l'écumage des mattes, qui est excessivement pénible, surtout dans une contrée comme l'Andalousie, dure une heure entière, parce que le maître fondeur nettoie souvent le trou de coulée et le bassin intérieur dans lequel se rend le plomb ruisselant des mattes précédemment rejetées dans le fourneau.

On referme alors le trou de coulée avec un mortier réfractaire, grenu, contenant fort peu d'eau.

En cet instant, c'est-à-dire une heure et demie après le chargement, un ouvrier travaille cinq à six minutes au renouvellement des surfaces près de la porte n° 1 de derrière; puis il opère à la porte du même numéro du côté de la coulée.

La galène fume beaucoup et se trouve déjà en pâte grumeleuse.

On recommence à la porte n° 1, du côté de la grille, encore pendant cinq à six minutes, et, ceci fait, on laisse ouvertes les deux portes n° 1.

C'est alors qu'on écume derechef le bain pour enlever les dernières matières qui le souillent.

Un ouvrier reprend le travail du brassage à la porte du milieu opposée à la porte de coulée; mais ici on voit qu'il veille surtout à empêcher la galène ramollie de descendre dans le bassin intérieur.

On procède au moulage du plomb une heure et

demie après la coulée, et deux heures à deux heures un quart après que le chargement a été opéré. Les crasses qu'on enlève à la surface des barres sont rejetées dans le fourneau.

Durant ce temps, on brasse le minerai par les portes déjà indiquées, mais surtout par les portes 1 et 2 de l'arrière. Deux heures et demie après le chargement, on remue un peu les crasses et mattes placées près de la porte n° 3 de la face de coulée, et qui alors sont très-ramollies.

Les opérations successives ou simultanées du renouvellement des surfaces avec alternatives de coups de feu plus ou moins forts, résultant du mode de chauffage, se continuent jusqu'après quatre heures et demie de travail. C'est cette partie de l'opération qui ressemble le plus à un grillage. C'est aussi pendant tout cet intervalle de temps qu'on est obligé parfois de rafraîchir le fourneau, lorsque par maladresse on en a trop élevé la température; mais je n'ai pas remarqué qu'on ait soin de diviser le travail en un certain nombre de feux.

L'ingénieur de l'usine était absent lors de mon passage, et les autres personnes de l'établissement auxquelles je me suis adressé pour éclairer cette question fort importante à mes yeux, n'ont pas semblé comprendre ce que je leur demandais, quoique le français fût leur langue naturelle.

Au bout de cinq heures, le fourneau ayant acquis une chaleur intense, et les produits étant fortement ramollis près de toutes les portes, on les a toutes fermées, et on a donné un bon coup de feu, qui a été maintenu près d'une heure, après laquelle on a projeté sur le bain quatre arrobes de chaux préalablement éteinte avec aussi peu d'eau que possible.

La chaux ajoutée agglomère et fait épaissir les mattes et les scories qui bouillonnaient beaucoup avant cette addition.

La matière est pâteuse, mais peu tenace. Elle forme la véritable crasse, analogue à la crasse blanche ancienne de Poullaouen, et on la retire par la porte du milieu, du côté de l'arrière.

Le fourneau est alors nettoyé, puis rechargé.

Le minerai rend le plus ordinairement du premier jet 66, 67 1/2, 68 p. o/o de plomb marchand en saumons, qui pèsent près de 6 arrobes, plus ou moins, et qui ne sont jamais affinés.

Dans l'usine de don Juan Reiu, située près de celle de Saint-André, on a obtenu jusqu'à 70 p. o/o, en suivant complétement le procédé anglais (1).

On consomme par vingt-quatre heures de 48 à 50 quintaux castillans de houille des Asturies, flambant bien et de bonne qualité. Elle coûte, rendue à l'usine, de 9 à 10 réaux le quintal.

On emploie 16 arrobes de chaux fabriquée avec des calcaires du Rio Adra et des escarbilles provenant des grilles du fourneau.

On occupe pendant les mêmes vingt-quatre heures huit ouvriers, dont six titulaires ou *maestros* et deux *servientes* ou chauffeurs. On paye les six premiers à raison de 9 réaux par jour; les deux autres reçoivent 6 réaux.

Je n'ai pas assez étudié l'allure des fourneaux où l'on fait écouler des scories, pour me permettre de donner des détails de la manipulation. Je me

(1) On ne pèse ni les crasses ni les cadmies : les premières sont portées directement dans la cour des fourneaux à manche au moyen de brouettes en fer. J'ignore ce que deviennent les cadmies.

contenterai de dire que les charges sont sensiblement les mêmes que dans le travail précédemment décrit, que l'on fait écouler les scories assez longtemps avant la fin de l'opération et par le haut du trou de coulée dans des rigoles en fer; qu'elles sont fort liquides, quoique d'un aspect assez souvent lithoïde.

Les cheminées fument davantage; ce qui annonce une perte en plomb par volatilisation; mais cette perte est peut-être compensée par un appauvrissement plus complet des résidus destinés aux fourneaux à manche.

Il m'a semblé qu'on détruisait moins les outils dans ce mode d'opérer que dans le précédent. Il ne faut pas néanmoins admettre comme démontrée cette assertion, que je ne garantis pas, et dont il est, au surplus, fort difficile d'acquérir la conviction tant qu'on ne peut examiner les comptes de réparation à la forge.

Les crasses ou scories sont portées dans la cour des fourneaux à manche.

Ceux-ci, qui sont bâtis en briques réfractaires venant d'Angleterre, sont armés de bandes de fer. Leur poitrine est fermée, et on les charge par l'arrière.

Tous hors feu lors de mon passage, ils étaient tellement déformés que je n'ai pas jugé à propos de prendre une seule cote, ce qui du reste ne m'eût peut-être pas été permis.

Leur tuyère est en terre comme celle des fourneaux du pays, et aussi presque horizontale comme elle.

On consomme pour les fondages, les escarbilles des fourneaux à réverbère et du coke apporté d'Angleterre. On m'a certifié qu'on en faisait venir aussi de Marseille et des Asturies.

Il revient, dit-on, de 4 fr. à 4 fr. 50 c. le quintal castillan.

Les couches se composent de scories anciennes et de crasses des fourneaux à réverbère.

On retire, c'est le directeur qui me l'a garanti, environ 15 à 16 pour °/₀ de plomb des matières soumises au travail, et provenant des réverbères de l'usine de Saint-André, tandis que les crasses blanches du procédé espagnol fournissent de 20 à 25 pour °/₀.

Je ne sais si, dans ces nombres, on a tenu compte du produit des cadmies qui se réunissent dans de grands espaces voûtés situés au-dessus des fourneaux et se rendent de là dans une cheminée commune.

Les plombs de première ou de deuxième fusion provenant des procédés espagnols ou anglais sont vendus comme plombs marchands, et cependant il en existe quelques-uns qui possèdent une haute teneur en argent.

Malgré cela, on ne m'a pas indiqué d'usine cherchant à les affiner, et on n'a pratiqué cette opération que dans celle de l'Alqueria, où l'on traitait autrefois beaucoup de plombs carbonatés et des cendres d'orfévre.

Aujourd'hui on se propose d'installer dans cet établissement quatre fourneaux à réverbère à l'anglaise et quatre fourneaux à manche.

Une partie des plombs produits est laminée ou convertie en tubes; mais on ne se sert pas des plombs obtenus à la houille; on préfère ceux des usines à l'atocha, et la fabrique de Saint-André prend pour ces usages les plombs d'un atelier qu'elle possède dans la montagne.

D'autres fois on transforme le métal en gre-

nailles; l'usine de Saint-André possède pour cet objet un appareil magnifique; Almeria, sans offrir un luxe pareil, renferme néanmoins cinq tours plus ou moins bien disposées.

Parmi celles-ci, je dois citer celle de Don Luis Lopez Quezada et celle de Don Mariano Velasco. La première, située à la Huerta, est élevée de 35 varas; elle a coûté, avec le puits, 46000 réaux.

Les procédés en usage ne diffèrent pas de ceux que l'on emploie à Poullaouen et dans plusieurs fabriques françaises; cependant, comme on ne connaît pas bien le moyen de se servir du régule d'antimoine pour produire *la crème* destinée à la confection des filtres, on est obligé d'employer plus d'arsenic et de l'arsenic d'une meilleure qualité.

Généralement on se sert d'orpiment; on assure pourtant que quelques fabricants utilisent l'arsenic blanc, qui est tiré comme le premier des usines de l'Allemagne par la voie de Marseille.

Cette grande quantité d'arsenic ajoutée est cause du peu de régularité qu'on observe dans les plombs granulés. Le plus souvent ils ont une dépression et quelquefois même une légère cavité.

Almeria renferme aussi trois fabriques de céruse où l'on pratique le procédé connu en France sous le nom de méthode hollandaise; les premières qualités de plomb y sont employées et sont attaquées avec des vinaigres de vin provenant des environs de Grenade et autres localités.

Le travail s'opère dans des caves en pisé ou en moellons de niveau avec le sol, et les écailles de carbonate de plomb sont écrasées et lavées sous des meules conduites par un mulet.

L'empotage se pratique suivant les formes voulues par le commerce, et la dessiccation s'exécute

presque toujours à l'aide d'un courant d'air sec naturel, déterminé par des ouvertures placées dans le séchoir suivant la direction des vents les plus favorables.

Ces diverses usines sont d'une simplicité de construction presque pareille à celle des fonderies; pas de bâtiments inutiles, pas de décoration superflue, peu d'employés, et, malgré cela, beaucoup de résultats.

Il est seulement malheureux qu'en Espagne les connaissances chimiques soient très-peu répandues; car elles serviraient à perfectionner des procédés déjà bons et qui pèchent quelquefois par le défaut de connaissance sur la nature des phénomènes qui se passent ou peuvent se passer.

Le tableau suivant donnera une idée du mouvement de l'exportation des plombs durant les premiers mois de l'année 1839.

Exportation d'Adra en 1839.

NATURE des objets exportés.	JANV.	FÉVR.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.
	qx.	qx.	qx.	qx.	qx.	qx.	qx.
Saumons. .	26842	10850	10138	34791	34244	20614	23682
Planches. .	»	955	2748	773	540	426	639
Tuyaux. . .	»	226	32	26	»	78	63
Grenaille. .	768	72	»	»	»	»	»
Alquifoux.	1663	865	1939	5381	2799	3960	274

Exportation de Roquetas et Almeria en 1839.

NATURE.	JANV. (*)	FÉVR.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.
		qx.	qx.	qx.	qx.	qx.	qx.
Saumons. .		20693	8690 ½	35142	30570 ½	4289¼	1558
Planches. .		»	»	»	»	»	»
Tuyaux. . .		»	»	»	»	»	»
Grenaille .		733	1676	1352	842	2053 ½	192
Alquifoux .		551	675	802	984	740	416

(*) On ne peut pour ce mois donner des nombres exacts.

Tous ces nombres représentent des quintaux castillans.

Nous joignons au tableau précédent celui de la statistique de l'industrie minérale des provinces de Grenade et d'Almeria en 1839.

TABLEAU STATISTIQUE *de l'industrie minérale des provinces de Grenade et d'Almeria en 1839.*

ESPÈCES.	NOMBRE DES MINES en activité.	NOMBRE DES MINES abandonnées.	NOMBRE D'USINES en activité.	NOMBRE D'USINES abandonnées.	Ouvriers.	PRODUITS.	QUINTAUX castillans.	VALEUR en réaux.
Plomb.	1670	2200	84	40	18000	En barres.	600000	35750000
					2160	Minerai.	30000	1200000
Cuivre.	»	31	»	2	»	»	»	»
Fer.	5	1	5	1	100	Fer forgé.	4000	560000
Mercure. . .	»	1	»	»	»	»	»	»
Soufre.	2	»	1	»	300	Benamaurol.	2500	200000
						Benadez.	100	8000
Sel.	»	»	1	»	40	»	60000	3120000
Lignite. . . .	3	14	»	»	24	»	»	»
	1680	2247	91	43	20624			40838000
Produits d'art extraits du plomb.	»	»	2	»	14	Planches.	15000	1500000
						Tuyaux.	900	90000
	»	»	8	»	64	Balles et plomb granulé.	21500	1730000
	»	»	3	»	18	Céruse.	7000	84000
	»	»	13	»	96			3404000

RAPPORT

DE QUELQUES MESURES ET MONNAIES ESPAGNOLES AVEC LES MESURES ET LES MONNAIES FRANÇAISES.

Mesures de longueur.

La vare castillane (vara), dont on conserve le modèle original dans la ville de Burgos, vaut $0^m,835906$.

Elle se divise (1) en deux demi-vares, trois tercias ou pieds, quatre palmes ou quartes, six sixièmes (sesmas) ou demi-pieds (xemes) ou demi-tercias; huit demi-palmes ou bemi-quartes; trente-six pouces, quarante-huit doigts, quatre cent trente-deux lignes ou cinq mille cent quatre-vingt-quatre points castillans.

Il en résulte que le pied de Burgos, qui est la mesure de ce genre la plus répandue, vaut $0^m,278635$.

Quant au pied de Madrid, fort peu usité, il vaut $0^m,282655$.

Mesures de poids.

Le quintal castillan vaut 46 kilogrammes, 10 grammes. Il se divise en quatre arrobes, prises dans le commerce à $11^{k}.50^{g}$. chacune. Le quintal valant cent livres espagnoles, il en résulte que la livre espagnole représente $0^k,4601$.

La livre se divise ensuite en deux marcs, seize

(1) Réduction des poids et mesures et monnaies de Castille, Valence, Aragon; Géronimo de Villa Bertran. Barcelone, 1816.

onces cent vingt-huit ochavas, deux cent cinquante-six demi-gros (adarmes), sept cent soixante-huit tomines et neuf mille deux cent seize grains.

Monnaies.

Presque toutes les écritures commerciales sont tenues en réaux de veillon; c'est aussi l'unité la plus usitée pour les transactions.

D'après le Bureau des longitudes, le réal de veillon vaut o fr. 27 c. On reçoit néanmoins toutes les pièces de cinq francs de France pour l'expression nette de 19 réaux.

Ce réal de veillon, dont le signe représentatif diminue chaque jour, forme la 20° partie de l'ancienne piastre cotée à 5 fr. 43 c.

Sur quelques parties du littoral, on fait un usage assez fréquent des pecetas ou cinquième de piastre. Au poids et au titre véritable, elles valent 1 fr. 08 c. de notre monnaie.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE III.

Les *fig*. 1 et 2 représentent le plan au niveau de la sole et la coupe suivant CD du fourneau de la fonderie dite Plomeras. Ce dessin m'a été fourni par don Juan Prats d'Almeria, dessinateur. *a*, la chauffe; — *b*, le réverbère où le minerai est soumis au travail du fondage; — *c*, *el Registro*, espace libre pour gouverner le courant d'air; — *d*, *el pozo*, réservoir à cadmies situé au bas de la cheminée; — *o*, porte de travail; — *p*, bassin de réception; — *t*, trou de coulée; — V, voûte de coulée.

Fig. 3. Plan au niveau de la sole d'un fourneau à réverbère employé à la fonderie de M. Baron, au port d'Almeria. J'en ai pris toutes les cotes.

Les lettres de la figure précédente indiquent des parties analogues dans ce dessin : *f*, dégorgement pour les cendres. — PPPP sont des piliers de soutènement ; — P'P', piliers supportant la charpente de l'usine et embrevés dans le fourneau.

Fig. 4. Porte ordinaire de fourneau ; elle est en fonte. La barre *h*, supportée sur deux crochets, sert à appuyer les outils.

Fig. 5 et 6. Porte en plusieurs pièces, toutes en fonte, d'une bonne construction. Elle est employée à la fonderie de l'Alhive del Vicar. La face *nn* est maintenue à rainures dans les pièces *rr*, qui sont prises dans la maçonnerie. Cette face *nn* porte deux entailles *ee*, destinées à soutenir la barre de fer sur laquelle on appuie les outils durant le travail.

zz est une plaque en fonte qui garnit le devant du fourneau.

Fig. 7 et 8. Fourneau à manche dit Pava, employé à l'usine de los Molinos del Viento, près d'Almeria.

Il est construit en moellons communs du pays, à l'exception de la chemise faite en briques de Launa. On voit que ce fourneau ressemble assez aux fourneaux français. Il est en plein air, possède une buse presque horizontale en argile, et sa soufflerie n'est autre qu'un soufflet en cuir abrité.

aa, bassin intérieur ; — *b*, bassin de réception pour la coulée ; — *cc*, pièces de fer qui soutiennent le poitrail et permettent d'appuyer les ringards pour nettoyer le pot intérieur ; — *d*, pièce en fer qui soutient la cheminée.

Perpignan, mars 1840.

MÉMOIRE

Sur le mode d'action du carbone dans la cémentation des corps oxydés, et sur les réactions qui caractérisent les fourneaux à courant d'air forcé employés en métallurgie (1).

Par M. F. LE PLAY, Ingénieur en chef des mines, Professeur de métallurgie à l'École des Mines.

INTRODUCTION.

L'histoire chimique du carbone, telle qu'elle a été présentée jusqu'à présent, offre une anomalie remarquable et qui ne se représente pour aucun autre corps simple ou composé. Les chimistes et les métallurgistes qui ont traité particulièrement de la cémentation des oxydes sous l'influence du carbone, déclarent que ce mode de réduction est complétement inexplicable, et qu'il semble indiquer l'intervention d'une force spéciale distincte des forces chimiques ordinaires. Cette lacune dans nos connaissances chimiques était d'autant plus regrettable qu'elle se rapporte à des réactions im- 1. Anomalie qui distingue le carbone entre tous les corps connus.

(1) Les considérations qui font l'objet de ce mémoire ont été exposées pour la première fois dans un travail présenté à l'Académie des Sciences dans sa séance du 18 janvier 1836, et dont M. Arago a bien voulu rapporter, dans cette même séance, les principaux résultats. Je crois utile de reproduire, dans les Annales des mines, ces considérations qui n'ont encore été publiées que par extrait et qui, par ce motif, n'ont pas toujours été présentées sous leur vrai jour par les personnes qui ont discuté les vues nouvelles que j'ai proposées. — Voir les comptes rendus de l'Académie des Sciences, tome 2, page 68 (1836). F. L.

portantes et variées, qui peuvent être considérées comme le trait dominant des arts métallurgiques. L'anomalie que je signale, et que je me propose d'expliquer dans la première partie de ce mémoire, consiste essentiellement dans les faits suivants.

La condition fondamentale de toute réaction chimique, est qu'il y ait contact intime entre les deux agents mis en présence; mais en y réfléchissant attentivement, on reconnaît bientôt que ce contact intime ne peut exister, et que, par conséquent, la réaction ne peut avoir lieu que lorsqu'un des deux agents au moins est préalablement amené à l'état liquide ou gazeux. Entre deux solides, quelque ténus et mélangés qu'on les suppose, le nombre des points de contact est toujours un infiniment petit du deuxième ordre, par rapport au nombre total des molécules mises en présence : une réaction complète entre de pareils éléments semble donc chose impossible. Il en est tout autrement quand l'un des deux agents est fluide : d'un côté, le rapport entre le nombre des molécules en contact et le nombre total des molécules n'est plus qu'un infiniment petit du premier ordre; de l'autre, lorsque la réaction s'est produite, en vertu de ce contact, à la surface de chaque fragment solide, elle se propage rapidement dans l'intérieur du fragment par suite de la faculté d'infiltration propre aux agents fluides. Cette conclusion, qu'on peut tirer *à priori* de la constitution moléculaire des corps, se trouve plus solidement établie encore par l'observation de tous les faits chimiques; et, s'il existe quelques cas rares dans lesquels des solides paraissent réagir complétement les uns sur les autres, on trouve bientôt, en analysant attentivement les phénomè-

nes, que cette prétendue réaction des solides n'est qu'apparente, et que, par une cause particulière, l'un des réactifs au moins se trouve préalablement amené à l'état fluide. Cette importante question de philosophie chimique est appréciée depuis longtemps : elle a été soigneusement discutée par les chimistes des derniers siècles qui admettaient déjà la nécessité d'une dissolution préalable des réactifs au nombre des principes fondamentaux de la science (1).

Le carbone seul, mis en présence de beaucoup de corps oxydés, semblait faire exception à la loi que je viens de rappeler. C'est ainsi, par exemple, qu'un fragment d'oxyde de fer, chauffé à une température rouge, au milieu d'une masse de carbone qui l'entoure de toutes parts, perd peu à peu son oxygène et se transforme en fer métallique, sans que le carbone, l'oxyde primitif, les oxydes intermédiaires qui se forment temporairement, et enfin le fer métallique produit définitif de l'opération, cessent un instant d'être à l'état solide. Le carbone exerce la même action réductive sur un grand nombre d'autres corps oxydés, oxydes métalliques, phosphates, arséniates, sulfates, etc. Ce qu'il importe de remarquer, c'est que sous cette influence, les corps oxydés, quelles qu'en soient les dimensions, sont réduits d'une manière complète; en

(1) On trouve dans les éléments de chimie de Hermann Boerhave, à la suite d'une longue discussion sur le mode d'action des réactifs, la conclusion suivante qui résume le principe que je viens de rappeler : « Cuncta docent igitur, » omnia ferè menstrua, solida fuerint, vel fluida, eo tamen » tempore quo agunt, reducta prius esse in naturam fluidorum. » Elementa chemiæ, tome 1er, page 372. — Paris, 1733.

sorte qu'on ne peut douter que l'action chimique du carbone ne se transmette avec le temps à une distance considérable, au travers de ces solides. C'est essentiellement dans ces circonstances que consiste l'anomalie qui distingue le carbone : elles ont depuis longtemps attiré l'attention des chimistes et des physiciens qui n'ont pu les expliquer dans l'état actuel de la science, et ont caractérisé ce genre de réduction par le mot spécial de *cémentation*.

2. Indication de cette anomalie par divers auteurs.

Dans l'excellent ouvrage que l'Europe a justement accueilli comme le traité classique de la métallurgie du fer(1), M. Karsten signale à plusieurs reprises, et notamment dans les deux passages suivants, les lacunes que cette mystérieuse action du carbone laisse subsister dans les théories métallurgiques.

« La réduction des oxydes de fer par le *carbone* » commence déjà à une faible chaleur rouge. Le » peroxyde se change d'abord en un oxyde inférieur » qui est semblable, soit au fer magnétique, soit » aux battitures, et qui se réduit entièrement sans » passer à l'état de protoxyde. La désoxydation se » prolonge de la surface vers le centre : elle peut » s'achever bien avant que le fragment n'ait changé » de forme. Ainsi, l'*effet du carbone s'étend d'une* » *manière inconcevable à travers toute la masse* » *de l'oxyde*; le métal réduit devient lui-même » l'agent qui achève l'opération, comme il arrive » dans la réduction d'un sel métallique par la

(1) Manuel de la métallurgie du fer, 2e édition, Berlin, 1827. — Traduction française, par F.-J. Culmann. — Metz, 1830.

» voie humide. Dans l'un des cas, c'est l'eau, dans » l'autre, c'est le calorique qui établit la liaison » entre le réactif et la substance soumise au trai- » tement (1).... »

Plus loin, en discutant le principe du traitement métallurgique des minerais de fer dans les fourneaux à courant d'air forcé, M. Karsten signale en ces termes l'opposition remarquable qui existe entre le point de vue théorique adopté sur le mode d'action du carbone, et la manière d'opérer employée par tous les praticiens.

« On ne pourrait le plus souvent opérer la fusion » (du minerai de fer) si le minerai n'était pas » stratifié avec le combustible. On a voulu quel- » quefois mélanger les deux substances pour mul- » tiplier leurs points de contact et favoriser, » par conséquent, la réduction, *mais c'est un* » *moyen d'arrêter le travail, etc.....* (2). »

M. Berthier, qui a consacré un paragraphe spécial de son Traité des essais par la voie sèche (3) à la réduction des corps oxydés, sous l'influence du charbon, insiste particulièrement sur cette lacune dans nos connaissances théoriques. Après avoir décrit avec détail les phénomènes singuliers que présente un corps oxydé qu'on renferme dans un creuset brasqué chauffé extérieurement par un foyer de chaleur, l'auteur termine ce paragraphe par les réflexions suivantes :

« La combinaison par voie de cémentation est » un phénomène général d'un grand intérêt, et

---

(1) Manuel de la métallurgie du fer, etc., t. 1[er], p. 238.

(2) *Idem* .... tome 1[er], page 358.

(3) Traité des essais par la voie sèche. 2 volumes in-8°. Paris, 1834.

» qui mériterait d'attirer toute l'attention des chi-
» mistes philosophes. *On ignore comment ce phénomène s'opère.* On pourrait croire que l'oxygène est enlevé par les vapeurs combustibles qui émanent des foyers, et qui pénètrent à travers toutes les substances poreuses; mais il est facile de s'assurer qu'il ne peut en être ainsi, au moins quant à la réduction des oxydes de fer. En effet, que l'on remplisse d'oxyde rouge de fer un creuset au fond duquel on aura mis du charbon, ou, au contraire, que l'on place de l'oxyde de fer dans un creuset et qu'on le recouvre de charbon, ou enfin, que l'on introduise du charbon au centre d'une masse d'oxyde de fer, et que l'on chauffe pendant une heure ou deux, et l'on trouvera qu'il ne s'est formé de fer métallique que dans la partie de la masse voisine du charbon, et qu'il n'y en a pas la plus petite trace à la surface du culot ni dans les autres parties, quoique ces parties se soient trouvées exposées comme toutes les autres à l'action des gaz combustibles qui se dégagent du foyer (1). »

3. Vue générale de la nouvelle théorie de la cémentation.

La théorie que j'ai proposée dès le commencement de l'année 1830, pour la cémentation de l'oxyde de zinc, puis en 1836, pour tous les corps oxydés, explique ces singuliers phénomènes de la manière la plus simple et la plus naturelle. En effet, la cémentation n'a été inexplicable jusqu'à présent que parce qu'on avait toujours admis comme point de départ de toute théorie que la réduction des oxydes devait être attribuée au contact direct du carbone solide; cette manière de voir éloignait

(1) Traité des essais, etc., tome 1er, page 36.

tout d'abord la pensée de la vraie solution, et conduisait nécessairement, ainsi que je l'ai indiqué précédemment, à rechercher l'explication des faits en dehors des forces chimiques ordinaires. Mais toute difficulté cesse lorsque, renonçant à cette préoccupation sur l'intervention exclusive des solides, on cherche à analyser toutes les circonstances de la cémentation des oxydes sous l'influence du carbone. On reconnaît bientôt qu'il est *impossible* de cémenter les oxydes par le carbone solide sans les plonger en même temps dans une atmosphère où domine l'oxyde de carbone; si donc on admet, ainsi qu'il convient de le faire désormais, que ce gaz a la propriété de réduire tous les corps oxydés réputés réductibles par le carbone, l'influence du carbone solide cesse dès lors d'être anomale, et rentre dans les lois ordinaires de la chimie.

Dans cette nouvelle théorie, le carbone solide ne contribue pas directement à la réduction : ce n'est qu'une matière première qui sert à préparer le gaz réductif d'une manière à la fois si simple, si économique, et pour ainsi dire si *nécessaire*, que les chimistes avaient jusqu'à présent préparé ce gaz dans les appareils de réduction sans avoir conscience du résultat qu'ils obtenaient, et sans remarquer la présence du véritable agent qu'ils mettaient en jeu. Je ne puis mieux caractériser la difficulté qui jusqu'ici avait fait obstacle à la science, qu'en la comparant à celle qu'offrirait la théorie de la préparation de l'hydrogène, si les chimistes, n'ayant à leur disposition que des vases de zinc pour contenir les liquides, et pouvant par conséquent préparer l'hydrogène en introduisant dans un pareil vase un mélange d'eau et d'acide sulfurique, avaient jusqu'à présent négligé, dans l'expli-

cation du phénomène, le concours de l'enveloppe métallique.

4. Convenance de conserver l'expression spéciale de *cémentation*.

Ce premier aperçu de la théorie de la cémentation serait incomplet si je ne faisais remarquer tout d'abord que l'action réductive du carbone offre des circonstances particulières, essentiellement différentes de celles qui sont propres à un réductif gazeux proprement dit, tel que l'hydrogène, et que par ce motif il conviendra de distinguer encore à l'avenir cette action chimique par l'expression spéciale de *cémentation*. La réduction d'un oxyde par un courant d'hydrogène, donne naissance à un autre gaz, la vapeur d'eau, qui non-seulement se comporte comme un agent inerte, mais encore qui, mélangé à l'hydrogène en proportion trop grande, s'opposerait au progrès de la réduction. La cémentation d'un corps oxydé sous l'influence du gaz oxyde de carbone donne lieu également à un deuxième agent gazeux, l'acide carbonique; mais ce dernier contribue constamment au progrès de la réduction d'une manière aussi active et aussi efficace que l'oxyde de carbone lui-même. L'intervention de l'acide carbonique est tellement nécessaire, elle est liée d'une manière si intime à celle de l'oxyde de carbone, que le carbone, ainsi que cela sera démontré dans le chapitre suivant, ne posséderait pas la propriété de réduire les oxydes par cémentation, si l'un ou l'autre de ces deux composés gazeux du carbone n'existait pas, ou même si l'un de ces composés était solide.

5. Division du mémoire en trois chapitres.

Les propriétés réductives du carbone solide, sont donc une simple conséquence des réactions

qui se produisent entre les deux oxydes gazeux (1) du carbone, d'une part, et, de l'autre, les deux réactifs solides, les seuls dont on eût jusqu'ici remarqué la présence dans le creuset brasqué, ou plus généralement dans les enceintes de cémentation. L'analyse de ces réactions conduit d'une manière rigoureuse à la théorie de la cémentation, et révèle d'ailleurs l'ensemble de faits le plus remarquable peut-être qu'il soit possible de citer en chimie; cette analyse formera l'objet d'un premier chapitre. Dans un deuxième chapitre, j'indiquerai les vues nouvelles que cette théorie m'a suggérées à l'égard des réactions fondamentales qui ont lieu dans les fourneaux à courant d'air forcé employés en métallurgie; enfin, j'exposerai dans le dernier chapitre un résumé des recherches que j'ai eu occasion de faire sur l'histoire de l'oxyde de carbone, et sur la nature des opinions théoriques adoptées à diverses époques touchant la cémentation des corps oxydés et leur élaboration dans les fourneaux à courant d'air forcé.

CHAPITRE Ier.

MODE D'ACTION DU CARBONE, DANS LA CÉMENTATION DES CORPS OXYDÉS.

Lorsqu'on met en présence, dans une enceinte fermée, portée à une température rouge, du carbone solide et de l'oxygène, on trouve que le ré- 6. Réactions entre le carbone et l'oxygène, dans une enceinte fermée.

(1) J'emploierai souvent cette expression, dans le cours de ce mémoire, pour désigner succinctement les deux composés oxydés gazeux que le carbone forme avec l'oxygène, c'est-à-dire, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique.

sultat de la réaction qui se produit dans tous les cas, varie d'une manière remarquable en raison de la proportion relative de ces réactifs, et des additions successives que l'on peut faire de l'un ou de l'autre.

Si l'on met 75 gr. de carbone en présence de 200 gr. d'oxygène, le carbone sera gazéifié en totalité, et il se produira 275 gr. d'acide carbonique dont le volume sera le même que celui de l'oxygène employé.

Si la même quantité de carbone est mise en présence de 100 gr. d'oxygène seulement, il y aura encore gazéification complète du carbone; il se produira 175 gr. d'oxyde de carbone pur, dont le volume sera double de celui de l'oxygène employé, et égal, par conséquent, au volume d'acide carbonique équivalent à une même quantité de carbone et à une proportion double d'oxygène.

Le gaz acide carbonique, formé dans le premier cas, ne réagira point sur une nouvelle dose d'oxygène qu'on introduirait dans l'enceinte : les deux gaz resteront simplement mélangés l'un avec l'autre; il exercera, au contraire, une action dissolvante sur une nouvelle dose de carbone; il en pourra dissoudre une portion égale à celle qu'il contient déjà, c'est-à-dire 75 gr., et produira ainsi 350 gr. d'oxyde de carbone en doublant de volume. Ce dernier gaz serait alors sans action sur le carbone solide qu'on pourrait encore ajouter dans l'enceinte.

Les 175 gr. d'oxyde de carbone formés dans le deuxième cas, n'exerceraient, comme je viens de le dire, aucune action sur une nouvelle dose de carbone solide; mais chaque addition d'oxygène donnera lieu à une quantité correspondante d'a-

cide carbonique ; tant que la somme de ces additions sera moindre que 100 gr., le volume du gaz restera invariablement le même que le volume primitif des 175 gr. d'oxyde de carbone. Ce n'est qu'au delà de ce terme, c'est-à-dire lorsque l'oxyde de carbone aura produit 275 gr. d'acide carbonique, que l'oxygène, cessant de se condenser par la combinaison chimique, restera à l'état de mélange avec l'acide carbonique, et contribuera à augmenter le volume du gaz de l'enceinte.

On peut résumer ces réactions mutuelles du carbone, de l'oxygène et des deux composés gazeux qui résultent de leur combinaison, en disant que le carbone solide ne peut exister en présence de l'acide carbonique et de l'oxygène, sans les transformer en oxyde de carbone ; et que l'oxygène en excès transforme nécessairement le carbone et l'oxyde de carbone en acide carbonique.

7. Réactions entre le carbone, l'oxygène et les oxydes dits réductibles par le carbone.

En partant de ces faits qui sont admis par tous les chimistes, et en admettant provisoirement, sauf à le démontrer plus loin, que l'oxyde de carbone a la propriété de réduire tous les corps oxydés signalés jusqu'à présent comme réductibles par le carbone, on peut prévoir aisément tous les phénomènes qui se produisent lorsqu'un fragment d'oxyde *o* (*Pl. IV*, *fig.* 1) est chauffé au rouge dans une brasque de carbone *cc*. Afin d'être assuré de n'omettre aucun fait essentiel, je vais suivre les phénomènes dans l'ordre où ils se succèdent.

L'appareil de cémentation (*fig.* 1) ayant été préparé dans l'air atmosphérique, chacun des fragments du carbone de la brasque *cc*, et le fragment d'oxyde lui-même, sont nécessairement plongés par toute leur surface dans l'air atmosphé-

rique, sauf dans les points, en nombre comparativement limité, par lesquels les solides peuvent se toucher (Voir la *fig.* 2). Dès que le vase sera porté à une température convenable, chacun des fragments de la brasque se trouvera donc dans l'un des cas examinés précédemment. La brasque, qui présente un grand excès de carbone (1), transformera en oxyde de carbone l'oxygène atmosphérique, interposé en *dd* (*fig.* 2), dans les interstices des particules de carbone; l'oxyde à réduire *o*, qu'on suppose ici au maximum d'oxydation, ne pourra être modifié en rien par cette première réaction de l'oxygène, dont le résultat sera de placer tous les solides contenus dans l'enceinte, dans une atmosphère composée en volume de 79 d'azote et de 42 d'oxyde de carbone.

En présence de ce dernier gaz, l'oxyde *o* (*fig.* 1) commencera à se réduire à la surface en produisant une quantité d'acide carbonique équivalente à l'oxygène qui lui est enlevé. Ce gaz, rejeté incessamment dans l'atmosphère qui entoure le fragment *oo*, ne tarderait pas à en neutraliser les propriétés réductives, si, en vertu de l'une des propriétés rappelées précédemment, l'acide carbonique placé en présence de la brasque en excès ne tendait, à mesure qu'il se produit, à passer à l'état d'oxyde de carbone. Le gaz réductif, loin d'être détruit par la réduction même de l'oxyde *o*, est

(1) En admettant que le carbone employé ait pour densité 2,00, que l'air atmosphérique interposé occupe un volume égal à celui du carbone, on trouve que le rapport des poids du carbone et de l'oxygène est dans l'enceinte comme 1 : 0,00015. La brasque contient donc 9,324 fois plus de carbone qu'il n'en faut pour saturer l'oxygène interposé.

donc constamment régénéré sous l'influence de la brasque, en sorte que l'action réductive doit nécessairement se continuer, sans aucune intervention extérieure à l'enceinte et par la seule vertu des agents qu'elle renferme, tant que l'enceinte contient du carbone en excès et de l'oxyde non réduit.

On conçoit d'ailleurs comment la réduction peut se propager, avec les circonstances connues, de la surface au centre d'un fragment d'oxyde, à structure compacte, et non pénétrable par les agents gazeux. Dès que la pellicule extérieure a été réduite, comme il vient d'être dit, cette réaction même qui enlève au corps une partie considérable de ses principes constituants, et la température élevée à laquelle tous les réactifs sont soumis, ont naturellement pour effet de changer l'agrégation moléculaire de l'oxyde, et de rendre *la pellicule* décomposée perméable aux gaz. Ceux-ci pourront donc arriver au contact d'une deuxième couche, qui, désagrégée à son tour, laissera pénétrer le gaz réductif jusqu'à une troisième couche, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la cémentation se soit propagée jusqu'au centre du fragment. La partie extérieure déjà réduite livre toujours passage aux deux gaz réagissants : ces derniers sont le véhicule jusqu'à présent inaperçu qui dissout le carbone de la brasque et le transporte incessamment au travers de ce milieu perméable vers la portion d'oxyde non réduite.

8. Forces qui mettent en mouvement les réactifs gazeux dans l'enceinte de cémentation.

Pour que les choses se passent ainsi qu'on vient de l'indiquer, et dans un temps fini, il est nécessaire toutefois qu'une condition soit remplie : il faut qu'une molécule d'acide carbonique qui

vient de se former en *a* (*fig.* 1) au contact de l'oxyde à réduire, puisse, dans un délai assez court, être amenée au contact de la brasque *c* pour reprendre les propriétés réductives, et qu'elle soit remplacée par une molécule d'oxyde de carbone, régénérée au point *b* peu de temps auparavant, sous l'influence de cette brasque. Il faut, en d'autres termes, que dans la région déjà cémentée *rrr*, il se produise une série non interrompue de courants opposés, ayant pour effet d'amener vers la brasque l'acide carbonique, et l'oxyde de carbone vers le noyau non réduit.

Or, dans les conditions où l'on opère ordinairement, diverses causes se réunissent pour imprimer ce double mouvement au véhicule gazeux: l'une des principales est l'inégalité de la température des diverses parties de l'enceinte; mais les réactions chimiques qui constituent la cémentation, suffiraient encore pour donner aux gaz le mouvement nécessaire, lors même qu'une distribution absolument uniforme de chaleur dans le foyer tendrait à maintenir en équilibre toutes les molécules gazeuses contenues dans l'enceinte. En effet, lorsqu'une molécule d'oxyde de carbone arrive au contact du noyau non réduit, et passe à l'état d'acide carbonique, il se produit en ce point un changement de température qui détermine nécessairement un certain ébranlement dans la région déjà cémentée *rr*; d'un autre côté, lorsqu'une molécule d'acide carbonique arrive au contact de la brasque et se transforme en oxyde de carbone, il y a encore un ébranlement produit dans le gaz, non-seulement par suite de l'effet calorifique que développe cette réaction, mais encore à cause de la gazéification du carbone, qui

double le volume de la molécule gazeuse dans laquelle il se dissout. Il faut encore joindre à ces causes la tendance qu'ont les gaz renfermés dans la même enceinte à se mêler intimement, et en vertu de laquelle l'oxyde de carbone contenu dans la brasque pénètre sans cesse dans l'atmosphère plus ou moins chargée d'acide carbonique qui baigne la région rr. L'efficacité de ces causes de mouvement, et par suite, la vitesse de réduction de l'oxyde, varieront d'ailleurs avec tous les éléments dont je viens de signaler l'influence, notamment avec la porosité de la partie cémentée, avec l'affinité du radical rr pour l'oxygène, avec la température de l'enceinte, etc.

9. Explication des principaux phénomènes de la cémentation.

La cémentation d'un corps oxydé plongé dans un excès de brasque, se complète quel que soit le volume de ce corps; seulement la réduction du noyau central se ralentit d'autant plus que l'épaisseur de la zone rrr, déjà réduite, est plus considérable. La condition fondamentale de la cémentation étant, que les mêmes molécules gazeuses agissent successivement aux deux extrémités de la région déjà cémentée rr, il est tout simple que le temps nécessaire pour une cémentation complète, augmente en proportion du trajet que doivent faire les réactifs, ou, ce qui revient au même, en raison des dimensions du corps à cémenter. C'est cette circonstance qui, dans la pratique, pose une limite au volume des fragments qu'on peut réduire par cémentation.

Un poids donné d'oxyde se réduit d'autant mieux que sa structure est plus poreuse; mais la réduction est incomparablement plus prompte si l'oxyde est pulvérisé et mélangé intimement avec

la brasque; enfin, pour un même degré de ténuité des fragments solides ainsi mélangés, la réduction est d'autant plus prompte que la proportion de carbone est plus considérable. On ne pourrait nullement conclure de ces faits l'efficacité du contact des solides mis en présence : on les explique, au contraire, tout naturellement dans la théorie de l'intervention exclusive du gaz. Dans un pareil mélange, chaque fragment d'oxyde, quelque ténu qu'on le suppose, est exactement dans le même cas qu'un fragment d'un volume considérable plongé dans une brasque. Le nombre total de ces molécules est toujours un infiniment grand du premier ordre par rapport au nombre des molécules de sa surface, et un infiniment grand du deuxième ordre par rapport aux points en nombre fini, et même très-limité, par lesquels cette surface peut toucher aux fragments voisins de carbone solide : la réduction due à ce dernier contact est donc négligeable devant celle qui résulte du contact de l'atmosphère gazeuse ambiante. L'accélération qu'on remarque dans la réduction tient simplement à ce que la dimension de chaque fragment étant moindre, l'action du gaz peut se propager plus rapidement jusqu'au centre de chacun d'eux. Quant à l'influence d'une grande proportion relative de carbone, elle résulte de ce que l'acide carbonique qui sort à chaque instant des fragments d'oxyde, reprend d'autant plus vite la propriété réductive que le nombre des fragments de carbone interposés est plus considérable.

10. Le carbone est-il un réductif pour les solides?

Cette explication des faits conduit à une question assez curieuse, lorsqu'on la rapproche de l'opinion qu'on s'est faite jusqu'à présent sur le mode

d'action du carbone solide : c'est celle de savoir si ce dernier réactif peut être réellement compté au nombre des agents réductifs dont la chimie peut disposer. Les faits exposés précédemment conduisent, ce me semble, à une réponse négative pour tous les cas de réduction où l'oxyde et le radical réduit conservent la forme solide. En effet, les moyens de division que nous pouvons appliquer aux corps solides sont tellement imparfaits, quand on en compare le résultat à l'état moléculaire propre aux corps fluides, qu'il est, en principe, tout aussi difficile de concevoir la réaction mutuelle de deux solides intimement mélangés, que celle de ces mêmes solides mis en présence en fragments d'un volume appréciable. Seulement les vues que je viens de présenter font très-bien comprendre comment deux fragments de carbone et d'oxyde, qui paraîtraient être sans action l'un sur l'autre dans le temps nécessairement fini qu'on peut consacrer à une opération chimique, réagiraient au contraire complétement l'un sur l'autre, si, toutes autres choses restant les mêmes, on avait préalablement mélangé les deux réactifs à l'état de poudre impalpable. Les phénomènes que l'on observe dans la réduction des oxydes qui, tels que ceux de chrôme, de titane, etc., sont réputés réductibles par le carbone solide et fixe, et irréductibles par cémentation, me paraissent offrir une confirmation frappante de ces vues théoriques : il me paraît que ceux de ces corps qui sont réellement réductibles ne sont point essentiellement réduits par le carbone, mais bien par une véritable cémentation qui s'effectue à la fois avec une extrême lenteur sur une multitude de parcelles, et par conséquent, dans un temps

incomparablement plus court que si ces dernières étaient groupées en un seul fragment.

En examinant à ce même point de vue tous les faits réputés anomaux, et qui faisaient du phénomène de la cémentation un mystère inexplicable, on trouvera aisément qu'ils ne sont, comme ceux que je viens de rappeler, qu'une conséquence nécessaire des propriétés des deux oxydes gazeux du carbone. Je me bornerai donc, pour dernière vérification, à expliquer l'une des circonstances les plus singulières que présente ce mode de réduction.

11. Explication spéciale de la cémentation du peroxyde de fer.

Dans la cémentation d'un fragment de peroxyde de fer, il ne se produit d'abord que de l'oxyde magnétique, et il ne se forme pas, même à la surface du fragment, la moindre trace de fer métallique, tant qu'il existe, au centre de la masse, du peroxyde non atteint par l'influence réductive. La réduction complète procède ensuite *graduellement* de la surface au centre, lorsque la masse entière est amenée à l'état magnétique, absolument comme dans le cas général où il n'existe aucun oxyde stable, intermédiaire entre le radical et l'oxyde soumis à la cémentation. Pour trouver la cause de ce fait, il suffit de rechercher comment la proportion relative d'oxyde de carbone et d'acide carbonique doit varier, dans l'enceinte de cémentation, toutes autres conditions restant les mêmes, avec la nature de l'oxyde à réduire, et quelle influence ces divers mélanges gazeux doivent exercer sur le radical et ses divers oxydes.

Relation entre la nature du mélange gazeux réductif et celle des oxydes en voie de cémentation.

L'acide carbonique n'a aucune action sur les corps oxydés au maximum; par ce motif seulement l'oxyde de carbone doit agir sur ces oxydes, d'autant plus efficacement qu'il est

mélangé d'une moindre proportion d'acide carbonique. D'un autre côté, pour une proportion déterminée des deux gaz, l'action de l'oxyde de carbone doit être d'autant plus active que le corps oxydé est plus aisément réductible; ou, en d'autres termes, la teneur en oxyde de carbone pour laquelle un mélange des deux gaz cesse d'agir sur les oxydes s'abaisse à mesure que les oxydes retiennent moins fortement l'oxygène. Il faut rappeler enfin que l'acide carbonique oxyde plusieurs radicaux métalliques, et le fer en particulier, à la température et dans les mêmes conditions où l'oxyde de carbone réduit complétement leurs oxydes.

De ces diverses propriétés résulte une conséquence fort remarquable : c'est que, pour chaque oxyde en cours de cémentation (*fig.* 1), la proportion relative des deux gaz dans la région déjà cémentée *rr* ne peut varier qu'entre des limites fort rapprochées; en sorte que cette proportion pourrait être une excellente mesure de la propension plus ou moins grande qu'ont les divers oxydes à céder leur oxygène aux agents réductifs. En effet, il est évident à *priori* que la proportion d'oxyde de carbone ne peut jamais descendre dans la région *rr* au-dessous de la limite où le mélange gazeux serait sans action sur le noyau *o* non réduit. Mais d'un autre côté la proportion d'oxyde de carbone ne peut non plus s'élever au-dessus d'un certain terme fort rapproché de cette première limite, car dès que cette limite est dépassée, le gaz, qui ne peut d'ailleurs dissoudre du carbone en *rr*, commence immédiatement à enlever de l'oxygène au noyau non réduit; si une cause accidentelle quelconque augmentait tout à coup la

proportion d'oxyde de carbone dans le gaz contenu en *rr*, celui-ci recevrait par cela même un accroissement de pouvoir réductif, et déterminerait par conséquent une production plus active d'acide carbonique. Il y a donc dans la nature même du phénomène de la cémentation, en ce qui concerne la proportion relative des deux gaz réagissants, une tendance vers un certain état d'équilibre, dont, je le répète, l'expression numérique serait caractéristique pour chaque corps oxydé.

Il est maintenant aisé de comprendre que les deux phases de la cémentation du peroxyde de fer sont dues à l'existence d'un oxyde stable intermédiaire entre ce peroxyde et le radical, et correspondant à deux états essentiellement différents du mélange gazeux réagissant. Dans la première phase (*fig.* 3), caractérisée par l'existence d'un noyau central de peroxyde *o* non encore atteint par la cémentation, le mélange gazeux qui remplit la région déjà cémentée *o'o'* doit contenir une forte proportion d'acide carbonique, par suite de la facilité avec laquelle le noyau *o* tend à céder une partie de son oxygène pour passer à l'état d'oxyde magnétique. La production du fer métallique est donc impossible dans la région *o'o'*, *même à la surface du fragment*; car si une molécule de fer métallique venait à s'y former sous l'influence accidentelle d'une forte proportion d'oxyde de carbone, elle ne tarderait pas à être réoxydée, dès que l'état normal serait rétabli, sous l'influence de l'acide carbonique que régénère abondamment le noyau central. Mais, dès que ce noyau est converti lui-même en oxyde magnétique, la teneur en oxyde de carbone du mélange gazeux augmente immédiatement. En effet, le mé-

lange contenu en $o'o'o'$ à la fin de la première phase étant sans action sur cet oxyde magnétique ne peut plus se charger d'acide carbonique, tandis que les causes qui produisent l'oxyde de carbone continuent à agir; il arrivera donc bientôt un instant où le gaz contiendra assez d'oxyde de carbone pour que le fer métallique y puisse subsister, et pour que l'oxyde magnétique se réduise; dès que ce nouvel équilibre sera atteint, la 2e phase de la cémentation commencera, et le fer métallique *rr* se produira progressivement de la surface au centre du fragment, ainsi que l'indique la *fig.* 4, comme dans le cas où le corps à réduire ne présente qu'un seul degré d'oxydation.

Cette analyse n'explique pas seulement les circonstances de la cémentation du peroxyde de fer : elle suggère encore *à priori* une loi *générale* propre à ce genre de réduction; elle fait prévoir par exemple que la cémentation présenterait trois phases distinctes s'il existait un autre oxyde o', stable dans un mélange gazeux qui aurait la double propriété d'oxyder le radical *r*, et de réduire l'oxyde o'. 12. Loi générale sur les cémentations à phases multiples.

J'ai supposé, dans l'analyse que je viens de faire, que l'atmosphère gazeuse qui intervient dans la cémentation des oxydes, était formée exclusivement des deux composés oxygénés du carbone; et cependant, ainsi que je l'ai indiqué précédemment, l'azote domine dans l'origine des réactions parmi les gaz de l'enceinte. Mais l'omission que j'ai faite à dessein de ce gaz pour simplifier l'explication des phénomènes n'ôte rien à la rigueur des raisonnements que j'ai présentés. On peut faire abstraction 13 L'azote interposé dans la brasque ne joue aucun rôle dans la cémentation.

de l'azote, non-seulement parce qu'il n'exerce aucune action chimique et ne pourrait tout au plus qu'atténuer l'action des deux autres gaz, mais encore parce que, dans la réalité, ce corps inerte est complétement expulsé de l'enceinte dès le commencement de l'opération. En effet, le carbone de la brasque et l'oxygène de l'oxyde, en se gazéifiant l'un par l'autre par la réaction que j'ai décrite, donnent lieu à un volume très-considérable (1) de gaz, qui se dégagent pendant toute l'opération par des orifices qu'on doit supposer ménagés à cet effet, et qui entraînent bientôt hors de l'enceinte jusqu'à la dernière trace d'azote. Cette action *mécanique* est d'autant plus efficace que les gaz se

(1) Pour avoir une idée approchée du rapport qui peut exister entre le volume des gaz produits par la cémentation d'un oxyde et celui de l'azote contenu primitivement dans l'enceinte, reprenons l'hypothèse admise dans une note précédente sur la proportion relative de carbone et d'air; et supposons qu'on y réduise une quantité d'oxyde formant la moitié de l'équivalent chimique de la brasque; remarquons enfin que si la brasque entoure de toutes parts l'oxyde à réduire, les gaz produits par la cémentation, ne pourront sortir de l'enceinte qu'après avoir traversé cette brasque et, par conséquent, qu'après avoir été préalablement convertis en oxyde de carbone. Dans de pareilles conditions, 1,00 étant le poids de la brasque, il se produira 1,17 d'oxyde de carbone équivalent à 0,50 de carbone; tandis que le poids de l'azote, primitivement contenu dans l'enceinte, n'est que 0,0005. Le rapport du poids de l'azote au poids de l'oxyde de carbone est donc :: 1:2340. Le rapport des volumes de ces mêmes gaz est par conséquent :: 1:2390. Si l'on suppose encore que l'oxyde à réduire ait pour densité 4,50, le volume total de l'enceinte sera 1,48, et le rapport de ce volume à celui du gaz produit par la cémentation, sera :: 1:646. Ces rapports peuvent être considérés comme des *minima* pour le cas ordinaire de la réduction du peroxyde de fer au creuset brasqué.

formant à la surface ou dans l'intérieur du fragment à réduire, chassent en quelque sorte devant eux les molécules gazeuses existant, au commencement de l'opération, entre ce fragment et les parois de l'enceinte.

14. Origine de l'oxygène nécessaire à la préparation de l'oxyde de carbone.

La théorie que je viens d'exposer signale comme condition nécessaire de la cémentation, une formation préalable d'oxyde de carbone ; cet oxyde se forme immédiatement, comme je l'ai indiqué, par la réaction du carbone de la brasque sur l'oxygène atmosphérique interposé ; mais il ne faudrait pas croire qu'il soit nécessaire de prendre des précautions particulières pour renfermer dans l'enceinte une notable quantité d'air. Par une circonstance caractéristique de la cémentation des oxydes, il suffit qu'à l'origine une seule molécule d'oxygène, et subséquemment d'oxyde de carbone, soit en présence de l'oxyde à cémenter, pour qu'il en résulte un dégagement indéfini de gaz réductif. En supposant en effet que cette molécule et celles qui en proviennent soient successivement portées au contact de l'oxyde à réduire et du carbone de la brasque, il se produirait à la fin de chaque oscillation la quantité croissante de produits : CO^2, $2CO$, $2CO^2$, $4CO$, $4CO^2$, $8CO$, $8CO^2$, $16CO$, etc. Lors même que le gaz interposé dans la brasque et dans les parties de l'enceinte non remplies par les solides, ne contiendrait aucune trace d'oxygène, la première molécule d'oxyde de carbone ou d'acide carbonique qui formerait le point de départ de la cémentation, se produirait encore pourvu qu'il existât un seul point de contact entre le carbone solide et le corps à cémenter.

15. Expériences directes sur les propriétés réductives de l'oxyde de carbone. Lorsque j'eus été conduit, par la discussion d'un grand nombre de phénomènes métallurgiques, à cette explication si simple et si naturelle des phénomènes de la cémentation, je compris que, pour la rendre inattaquable, il restait encore à démontrer par des preuves directes, l'une des propriétés que j'ai admises comme point de départ de ma théorie, et la seule sur laquelle l'expérience n'eût pas encore prononcé, savoir : que l'oxyde de carbone réduit tous les corps oxydés jusqu'à présent signalés comme réductibles par le carbone. N'ayant pas alors de laboratoire à ma disposition, je m'adressai à mon ancien camarade d'études, M. Laurent, qui, accueillant mes idées, voulut bien m'aider à les soumettre à l'expérience. Le succès des premières recherches faites dans le laboratoire de M. Laurent nous inspira bientôt le désir d'en étendre le plan et de les répéter sur une plus grande échelle. Nous parvînmes à notre but, grâce à l'appui bienveillant et aux encouragements de toute espèce que nous trouvâmes auprès de MM. Brongniart, Dulong et Dumas, qui, pendant plusieurs mois, voulurent bien mettre à notre disposition les fourneaux et le laboratoire de la manufacture royale de Sèvres, ainsi que l'un des laboratoires de l'École Polytechnique. C'est pour moi un devoir de leur témoigner ici de nouveau toute ma reconnaissance.

Les résultats de ces recherches ont été publiés dans un mémoire que M. Laurent a rédigé, en notre nom commun, et qui a été inséré dans les *Annales de chimie et de physique* (1). Je n'en donnerai donc ici qu'un résumé très-sommaire.

(1) Annales de chimie et de physique. Tome 65, p. 403.

Nous avons fait passer un courant d'oxyde de carbone sur divers corps oxydés placés dans un tube de porcelaine, enduit intérieurement d'un vernis siliceux, et placé dans un petit fourneau à vent, où nous pouvions au besoin développer la température d'un essai de fer; tous les corps connus pour être réductibles par cémentation, tels que les oxydes de fer, de nickel, de cobalt, de tungstène, etc.; les sulfates de baryte et de chaux, etc., que nous avons soumis à cette expérience, ont été complétement réduits par l'oxyde de carbone : celui-ci, au contraire, n'a point exercé d'action appréciable sur les oxydes de cérium, de chrôme, de titane, etc., qui ne peuvent être désoxydés par cémentation lorsqu'on les emploie en fragments d'un volume notable.

Nous voulûmes ensuite soumettre la théorie nouvelle à une vérification plus frappante encore, et qui n'exigeât pas un appareil aussi compliqué que celui que je viens de rappeler. Cette seconde expérience est même assez piquante pour être répétée dans les cours de chimie expérimentale, et pour caractériser le mode d'action du carbone solide sur les oxydes.

Si, comme je l'ai admis dans ma théorie de la cémentation, l'influence du contact des solides est négligeable dans la réduction au creuset brasqué, cette réduction doit se produire également lorsque ce contact n'existe pas. Par conséquent, lorsqu'on chauffe dans une même enceinte du carbone et de l'oxyde de fer, par exemple, on aura à constater ce curieux phénomène de deux corps qui, inaltérables lorsqu'on les soumet séparément à l'action d'une haute température, semblent réagir directement l'un sur l'autre lorsqu'on les met en pré-

sence et sans contact, et produisent, l'un en se gazéifiant, l'autre en perdant tout son oxygène, plus de 500 fois leur volume d'un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique.

C'est ce que nous avons directement observé dans un grand nombre de corps oxydés, dits réductibles par le carbone : nous nous sommes servis à cet effet de deux sortes d'appareils. Pour réduire de petites quantités de matière, nous placions le fragment d'oxyde entre deux fragments de charbon calciné, dans un tube de porcelaine fermé par une extrémité, et muni à l'extrémité opposée d'un tube recourbé conduisant sous une cloche à mercure les gaz de la cémentation. Pour opérer plus en grand et pour réduire, par exemple, des fragments de 500 grammes de divers minerais de fer, nous placions le fragment dans des vases de porcelaine entourés d'une enveloppe de charbon concassé, et nous exposions ces appareils à la température du grand feu des fours à porcelaine.

16. Cémentation des oxydes sous l'influence du charbon ordinaire.

La question de la cémentation ne serait pas traitée d'une manière complète, si je ne discutais ici une circonstance importante dont on a trop souvent négligé de tenir compte. Dans les conditions où l'on opère ordinairement dans les laboratoires et dans les arts pour effectuer ce genre de réduction, on emploie comme agent réductif le charbon de bois, composé mixte de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, imprégné d'eau hygrométrique, et qui, en principe, diffère du carbone pur aussi essentiellement que le bois lui-même. Le charbon, soumis en vase clos à l'action d'une haute température, dégage une grande quantité de gaz, composé à peu

près de volumes égaux d'hydrogène et d'oxyde de carbone (1). Ce gaz est donc éminemment réductif, et il est évident qu'il doit jouer un rôle important dans la première période de la cémentation au creuset brasqué ; mais il convient de remarquer que son mode d'action diffère complétement de cette réaction spéciale par oscillation, qui constitue essentiellement la cémentation. Le gaz dégagé par le charbon agit à la manière d'un courant gazeux qui se renouvellerait constamment, et c'est précisément cette circonstance qui rend son intervention très-efficace. On ne peut toutefois regarder que comme accessoire l'action de ce courant : en effet, la durée de la production de ce gaz réductif est nécessairement limitée ; et par la disposition même des choses dans un creuset brasqué, la plus grande partie du gaz de la distillation doit sortir du creuset sans réagir sur l'oxyde. Lors donc que la quantité d'oxyde à cémenter n'est pas très-faible relative-

(1) Le charbon de bois peut, comme le bois, être à peu près représenté dans sa composition par du carbone et de l'eau : la réaction que les éléments gazeux combinés exercent sur le carbone à une haute température, produit environ 0,08 d'un mélange à parties égales d'oxyde de carbone et d'hydrogène, plus une petite quantité d'hydrogène carboné. Le charbon contient en outre assez ordinairement 0,08 d'eau hygrométrique qui, dans la distillation, se décompose elle-même en partie, en proportion d'autant plus grande que la distillation est plus rapide, et produit également un mélange à volumes égaux d'hydrogène et d'oxyde de carbone. En calcinant 1,00 de charbon de bois, on obtient donc, suivant les circonstances de la distillation, de 0,08 à 0,22 en poids, ou de 200 à 550 en volume, de ce mélange gazeux. Dans les circonstances les moins favorables, c'est-à-dire dans une distillation très-lente, le gaz dégagé par 1,00 de brasque de charbon, pourrait donc réduire 0,28 de peroxyde de fer.

ment à celle de la brasque, ou lorsque cet oxyde retient fortement l'oxygène, il arrive nécessairement une période où la brasque n'agit plus que comme du carbone pur; il se produit alors une quantité indéfinie d'oxyde de carbone qui chasse bientôt de l'enceinte la dernière trace des gaz dus à la distillation du charbon, et l'opération se poursuit avec les circonstances que j'ai décrites précédemment comme caractéristiques de la cémentation.

L'intervention des gaz de la distillation du charbon est certainement la cause qui rend si rapide l'action du charbon ordinaire mélangé intimement avec les oxydes pulvérisés; l'on a donc commis jusqu'à présent une grave erreur de théorie, en rattachant seulement à l'histoire chimique du carbone l'action réductive exercée par le charbon sur les oxydes pulvérisés, puisque l'hydrogène intervient dans ce phénomène au moins autant *que* l'oxyde de carbone. Nous avons souvent eu occasion, dans le cours de nos expériences, de constater l'efficacité de l'action réductive des gaz de la distillation : nous avons toujours remarqué que l'action du charbon préalablement calciné était, toutes autres choses égales, beaucoup plus lente que celle du charbon ordinaire, et que ce dernier agit moins efficacement lorsque le fragment d'oxyde soumis à son influence devient assez volumineux pour que la durée de réduction se prolonge beaucoup au delà de la période de distillation.

L'une des circonstances qui prouvent le mieux la préoccupation qui portait les chimistes à méconnaître l'intervention des gaz dans la cémentation, et à n'y voir que l'action du carbone solide, est que la cause évidente de désoxydation que je viens

de rappeler n'a pas même été remarquée par les auteurs qui ont décrit avec le plus de soin les circonstances de la cémentation des oxydes au creuset brasqué. Cette omission est frappante dans le passage (1) cité précédemment, § 2, où M. Berthier signale comme inexplicable les phénomènes de la cémentation. Il est remarquable aussi que le même auteur, en examinant plus loin d'une manière spéciale la question de savoir pourquoi la brasque déjà calcinée dans une première opération est moins efficace qu'une brasque de charbon neuf, fait complétement abstraction, dans la solution qu'il donne de cette difficulté, de l'action des gaz réductifs que le charbon neuf produit en si grande quantité. A ce sujet, l'auteur s'exprime dans les termes suivants :

« Le charbon ordinaire n'est pas du carbone » pur : il contient toujours une certaine proportion » tion d'hydrogène et de la vapeur d'eau qu'il » condense promptement entre ses pores, dès » qu'il se trouve en contact avec l'air atmosphé- » rique. *Ces substances ne sont aucunement* » *nuisibles*; mais si quelques expériences exi- » geaient que l'on employât du charbon qui n'en » contînt pas, il serait facile de s'en procurer en » calcinant à une chaleur blanche soutenue, du » charbon ordinaire dans un creuset bien couvert. » Le charbon de bois dur, conservé dans un lieu » sec, perd 0,15 de son poids, terme moyen, par » la calcination. On pourrait aussi se servir de » brasque qui aurait déjà été employée à un essai ; » mais il faut savoir que le charbon fortement

(1) Traité des essais par la voie sèche. Paris, 1834. Tome 1er, page 36.

» calciné est *beaucoup moins combustible* que le » charbon ordinaire, et que, par conséquent, il » n'opère pas la réduction aussi facilement, et à » une température aussi basse (1). »

17. Simplicité et efficacité remarquable des appareils de cémentation.

Je ne terminerai pas ce chapitre spécialement consacré à la cémentation des oxydes au creuset brasqué, ou plus généralement dans une enceinte fermée sous l'influence du carbone, sans signaler le remarquable ensemble des moyens employés dans cet appareil si simple en apparence, pour réduire les corps oxydés par l'oxyde de carbone absolument pur.

On connaît toutes les difficultés pratiques qu'entraîne la préparation d'un gaz : il est, par conséquent, facile de concevoir la complication que jetterait dans les essais chimiques la nécessité de préparer l'oxyde de carbone par l'un des procédés connus, de le débarrasser de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, puis enfin, de l'introduire avec une vitesse qui devrait être réglée artificiellement dans un appareil où serait contenu l'oxyde à réduire. Le procédé le plus simple consisterait probablement à préparer par voie sèche l'oxyde de carbone exempt d'acide carbonique et de vapeur d'eau, en faisant passer de l'air atmosphérique préalablement desséché sur du charbon calciné, maintenu à la température rouge; mais ce procédé même supposerait encore, 1° un appareil pour la dessiccation de l'air; 2° un appareil où se produirait l'oxyde de carbone; 3° un appareil où ce gaz agirait sur l'oxyde à réduire; 4° enfin, une force pour imprimer au courant réductif la vitesse

(1) Traité des essais par la voie sèche. Tome 1er, p. 363.

convenable. Il faudrait en outre produire une quantité de gaz beaucoup plus considérable que l'équivalent chimique de l'oxyde à réduire, puisque la plus grande partie du courant réductif devrait sortir de l'appareil sans avoir réagi sur cet oxyde; le gaz oxyde de carbone, préparé par ce procédé, aurait encore l'inconvénient d'être mélangé de deux fois son volume d'azote.

L'appareil composé d'un creuset où l'oxyde à réduire est placé au milieu d'une brasque de charbon calciné, offre, comparativement à celui que je viens d'indiquer, un grande supériorité. En effet: 1° il a le plus haut degré de simplicité qu'il soit possible de concevoir dans un appareil chimique où doivent se produire des réactions fort complexes; 2° la vapeur d'eau atmosphérique n'y peut intervenir, et la cémentation même, dès qu'elle commence à se produire, chasse de l'enceinte les traces d'hydrogène et d'azote qui y existent dans l'origine; 3° l'appareil ne peut jamais contenir une proportion d'acide carbonique supérieure à celle qui est nécessaire pour le progrès même de l'opération; 4° dès que la cémentation est terminée, le radical obtenu se refroidit dans une atmosphère d'oxyde de carbone absolument pur; 5° la quantité de gaz réductif qui se produit est rigoureusement l'équivalent chimique de l'oxyde à cémenter; en effet, l'enceinte étant supposée à une température uniforme, une molécule d'oxyde de carbone n'en peut sortir que lorsque le carbone de la brasque se combine avec une molécule d'oxygène de l'oxyde, c'est-à-dire lorsqu'une molécule d'acide carbonique sortant de la masse à cémenter, se transforme en oxyde de carbone et double de volume au contact de la brasque;

6° enfin, par une combinaison dont on ne saurait trop admirer l'économie et l'efficacité, c'est l'oxyde à réduire lui-même, qui fournit dans le plus grand état de pureté qui se puisse concevoir, l'oxygène qui est l'un des éléments essentiels de la préparation du gaz réductif; et cela, je le répète, dans une mesure tellement graduée, que les deux éléments consommés pour la fabrication de ce gaz, sont rigoureusement l'équivalent chimique du radical cémenté.

Cette analyse qui révèle tant de résultats complexes obtenus par de si simples moyens, me paraît de nature à accroître de beaucoup l'intérêt que présentait déjà la cémentation lorsque la cause en était inconnue, et à faire classer dorénavant le creuset brasqué, et en général les enceintes de cémentation (1), au nombre des appareils les plus ingénieux qu'on puisse citer dans les arts ou dans les sciences expérimentales.

CHAPITRE II.

ANALYSE DES RÉACTIONS QUI CARACTÉRISENT LES FOURNEAUX A COURANT D'AIR FORCÉ EMPLOYÉS EN MÉTALLURGIE.

18. Causes principales de l'imperfection des anciennes théories.

J'ai indiqué, dans le chapitre précédent, comment l'opinion conçue *à priori* sur l'influence exclusive du contact des solides, avait jusqu'à présent éloigné les chimistes et les physiciens de la véritable théorie de la cémentation; et comment cette théorie se déduit, pour ainsi dire nécessairement, de la simple notion de l'intervention des gaz. C'est une préoccupation de la

(1) Tels sont, par exemple, les appareils où l'on prépare en grand le zinc métallique.

même nature qui, jusqu'en 1836, avait détourné les métallurgistes de la vraie théorie des fourneaux à courant d'air forcé ou plutôt qui les maintenait dans l'impossibilité d'en produire une. Dans tous les ouvrages et dans tous les mémoires spéciaux où cette question était abordée, on admettait toujours ce point de départ, que les corps oxydés se réduisent dans ces fourneaux, *par cémentation sous l'influence du carbone solide*. Or, cette première base des raisonnements ne pouvait conduire à aucune déduction théorique exacte par deux raisons principales:

En premier lieu, on identifiait la réduction dans les fourneaux à courant d'air forcé à un phénomène qui, de l'aveu des chimistes et des physiciens, était absolument inexplicable; en sorte qu'en définitive toutes les dissertations théoriques reposaient sur un mot non défini;

En second lieu, cette identification était elle-même une erreur, et devait encore contribuer à détourner les esprits de la vraie solution, puisque, comme je vais le démontrer, la réduction dans les fourneaux à courant d'air forcé est due à des réactions essentiellement distinctes de celles qui constituent la réduction par cémentation.

19. Différences essentielles entre les enceintes de cémentation et les fourneaux à courant d'air forcé.

La différence essentielle entre ces deux genres de réduction consiste en ce que, dans la cémentation, le gaz réductif agit pour ainsi dire dans l'état de repos; les légers mouvements indispensables à la réduction sont dus à des forces très-faibles que développe cette réduction même. Dans les fourneaux à courant d'air forcé, au contraire, le gaz réductif agit dans l'état de mouvement, absolument comme le ferait un courant

d'hydrogène : le courant se renouvelle constamment par une force énergique distincte des faibles forces que produit la réduction; en sorte que la réduction aurait encore lieu lors même que l'oxyde de carbone converti en acide carbonique par son action sur les corps oxydés, ne serait pas régénéré dans le fourneau; ainsi que cela a lieu indispensablement dans l'enceinte de cémentation. Indépendamment de cette différence fondamentale dans la théorie des deux genres d'appareils de réduction, il existe encore d'autres circonstances qui repoussent toute comparaison entre les enceintes de cémentation et les fourneaux à courant d'air forcé.

Les enceintes de cémentation sont, entre autres circonstances, caractérisées par les conditions suivantes : 1° l'oxygène nécessaire à la production de l'oxyde de carbone est essentiellement fourni par l'oxyde à réduire; 2° la production de la chaleur nécessaire à la réduction, a lieu en dehors de l'enceinte de réduction; elle est indépendante de la réaction chimique qui produit l'oxyde de carbone.

Dans les fourneaux à courant d'air forcé, au contraire : 1° l'oxygène nécessaire à la préparation de l'oxyde de carbone est essentiellement fourni par l'air atmosphérique; 2° la production de la chaleur a lieu dans la même enceinte où se produit la réduction; ce développement de chaleur est d'ailleurs intimement lié à la réaction chimique, qui donne naissance à l'oxyde de carbone.

20. Supériorité économique des fourneaux à courant d'air forcé.

Cet énoncé des différences qui distinguent les deux sortes d'appareils de réduction, fait tout d'abord comprendre que les fourneaux à courant

d'air forcé, présentent encore une remarquable simplification sur les appareils de cémentation. Dans ces fourneaux, en effet, l'enceinte de réduction, l'une des parties essentielles des appareils de cémentation, est supprimée et se confond avec celle du foyer. Au lieu d'agir en dehors de cette enceinte, et par conséquent avec un désavantage prononcé, la chaleur se développe dans l'enceinte même où sont les réactifs, et en détermine par conséquent la réaction mutuelle avec toute l'économie imaginable. C'est précisément en raison de cette économie dans l'usage du réactif le plus dispendieux, que les fourneaux à courant d'air forcé sont, en métallurgie, d'un emploi beaucoup plus général que les appareils de cémentation.

Je vais mettre ces diverses vérités dans tout leur jour, en analysant les circonstances que l'industrie humaine a su mettre à profit pour atteindre à une perfection plus grande encore que celle que j'ai signalée dans la réduction par voie de cémentation, et en particulier pour combiner harmonieusement dans une même enceinte deux réactions aussi radicalement opposées que le sont la combustion du charbon et la réduction d'un corps oxydé. Les faits que je dois prendre en considération sont beaucoup plus complexes que ceux qui se rattachent à la cémentation. Ici, l'explication des phénomènes ne pourrait se déduire immédiatement de la simple notion d'une intervention chimique des agents gazeux. Elle doit être fondée en outre sur un ensemble de causes physiques fort importantes, et qui ne me semblent pas avoir encore été convenablement appréciées.

21. Modifications successives d'un courant d'air traversant une masse de carbone. — Zones d'oxydation et de réduction.

La théorie des fourneaux de réduction usuellement employés en métallurgie, doit avoir pour point de départ l'analyse des phénomènes qui se produisent lorsqu'une certaine quantité de carbone, portée à la température rouge, est traversée par un courant d'air atmosphérique. Je supposerai, pour fixer les idées, que le carbone concassé, comme tous les combustibles employés dans les arts, en fragments au milieu desquels les gaz peuvent circuler, soit contenu dans une enceinte cylindrique verticale (*fig.* 5), ouverte à ses deux extrémités A et B; qu'en A soit une grille qui supporte la colonne de combustible et donne accès à l'air; qu'en B on charge le carbone *c* à mesure qu'il se brûle dans le cylindre; qu'enfin un courant d'air atmosphérique poussé ou attiré par une force quelconque, traverse constamment de bas en haut la masse de carbone.

Si l'on considère les modifications successives que devra éprouver une molécule d'oxygène atmosphérique entraînée dans un pareil milieu avec l'ensemble de la masse gazeuse dont elle fait partie, on doit remarquer d'abord que, dans le cas général, cette molécule ne sera pas immédiatement portée au contact d'un fragment de carbone; mais ce contact aura lieu enfin, après un délai plus ou moins long, par suite de la disposition irrégulière des fragments de carbone qui forment continuellement obstacle au mouvement de la masse gazeuse, et brassent, pour ainsi dire, cette dernière dans toute l'étendue de l'enceinte. Dès que ce contact est produit, l'oxygène se transforme en acide carbonique et développe une certaine quantité de chaleur. Ainsi, dans les conditions admises et pour une enceinte d'une longueur indé-

finie, il existera nécessairement, pour chaque cas déterminé, un certain niveau *aa*, à partir duquel l'oxygène du courant d'air ascendant sera complétement converti en acide carbonique.

La chaleur développée dans la région A*a*, par la réaction que je viens d'indiquer, est bien plus que suffisante pour porter le carbone qui y afflue constamment à la température de la combustion; ce fait qui caractérise tout combustible servant à produire de la chaleur, résulte simplement de l'extrême inégalité qui existe entre le calorique spécifique et la puissance calorifique du carbone. Si donc on néglige, comme on peut le faire dans cette analyse, la conductibilité des parois de l'enceinte, on peut admettre que le courant gazeux qui afflue constamment au-dessus du niveau *aa*, entraîne avec lui la plus grande partie de la chaleur dégagée dans la zone A*a*, et peut, par conséquent, porter à la température rouge une partie relativement considérable de la masse de carbone supérieure à cette zone. L'acide carbonique, en pénétrant dans la région supérieure au niveau *aa*, se trouve donc dans les conditions convenables pour se transformer en oxyde de carbone. Par les mêmes causes physiques que j'ai déjà signalées, ce résultat arrivera nécessairement après un trajet plus ou moins long, pour chaque molécule d'acide carbonique produite en A*a*, en sorte qu'on peut affirmer qu'il existera dans l'appareil un certain niveau *bb*, au-dessus duquel l'oxygène atmosphérique sera entièrement converti en oxyde de carbone.

On comprend dès lors que si, par l'orifice supérieur B, on charge, avec les fragments de carbone, des fragments de corps oxydés réductibles par

l'oxyde de carbone, de telle sorte que les charges, sollicitées par la gravité, descendent graduellement pour combler le vide que la combustion du carbone tend sans cesse à produire dans la région A*a*, ces corps se trouveront dans des conditions éminemment favorables pour être réduits. En effet, ces fragments d'oxyde, en traversant la zone B*b*, se trouveront exposés à l'influence d'une température élevée, graduellement croissante, et à l'action d'un courant d'oxyde de carbone; ce dernier en baignera les surfaces en se renouvelant constamment avec une vitesse notable, et agira, par conséquent, beaucoup plus activement qu'il ne le ferait, toutes conditions étant égales, dans une enceinte de cémentation. La seule difficulté que révèle ce premier aperçu des fourneaux de réduction, c'est de trouver une combinaison qui permette de soustraire le corps désoxydé en B*b* à l'action de l'acide carbonique, puis de l'oxygène libre, dont la proportion va rapidement en croissant dans les deux régions inférieures, que l'on peut réunir sous la dénomination commune de *zone oxydante*, par opposition à la zone supérieure qu'on doit appeler *zone réductive*. Or, ainsi que je vais le démontrer, c'est surtout la nécessité de résoudre cette difficulté qui imprime le cachet le plus distinctif aux appareils de réduction employés en métallurgie.

22. Recherches sur les dimensions de la zone oxydante. Pour éclaircir cette question délicate, il faut d'abord remarquer que l'analyse précédente indique bien l'existence de deux zones très-tranchées dans l'appareil de la *fig*. 5, supposé de longueur indéfinie; mais elle ne suggère encore aucune prévision sur l'étendue de chacune d'elles. Or,

par une foule de motifs qui se présentent à la pensée, on conçoit que le fourneau de réduction dont je viens de décrire le principe, ne peut devenir d'un usage économique que dans le cas seulement où la hauteur de la zone oxydante inférieure n'excède pas certaines limites.

Il est impossible de déterminer *à priori*, pour une vitesse d'air, une enceinte et un combustible déterminés, la hauteur que doit avoir la zone oxydante, car le calcul de cette dimension comprendrait des données fort complexes et que nous n'avons aucun moyen de mesurer dans l'état actuel des sciences. Mais on peut observer dans les laboratoires et dans les ateliers métallurgiques, où l'on brûle le charbon en grandes masses, une foule de faits qui prouvent que, dans les conditions de la *fig.* 5, et pourvu qu'il y ait une combustion bien décidée à la partie inférieure de la colonne de combustible, l'oxygène atmosphérique se transforme très-rapidement en oxyde de carbone. Je citerai entre autres faits l'expérience suivante, qui se rattache d'autant mieux au sujet que je traite en ce moment qu'elle réalise exactement les conditions énoncées par l'appareil (*fig.* 5), et qu'elle permet d'évaluer en nombres, pour un cas bien défini, la hauteur de la zone oxydante. L'appareil employé pour cette expérience est celui dont la *fig.* 6 représente la forme et les dimensions : c'est un petit fourneau cylindrique, à base circulaire, légèrement évasé vers le haut, dans lequel je fais ordinairement les essais de minerais de fer. Le foyer proprement dit, *f*, a $0^m,16$ de diamètre moyen, et $0^m,21$ de hauteur; à la partie inférieure du fourneau, se trouve une cavité *r*, où afflue constamment un courant d'air projeté par un soufflet;

cette cavité est séparée du foyer par une grille métallique AA, percée de 76 trous, offrant dans leur ensemble une surface égale à 240 millim. carrés. Cet appareil, après avoir servi à faire un essai de fer bien fondu, et contenant encore à la partie inférieure du foyer *f* une couche de charbon très-menu, épaisse de $0^m,06$, qui avait séjourné environ 15 minutes dans le fourneau, et dont chaque fragment avait été exposé pendant 10 minutes au moins à la température de la fusion de la fonte, a été rempli, jusqu'à l'orifice, de charbon froid complétement calciné. Ce charbon, en fragments menus, avait été obtenu comme le précédent; refroidi dans le fourneau même, à la fin de plusieurs essais de fer, il avait été conservé dans un étouffoir clos hermétiquement. J'ai ensuite projeté dans le fourneau ainsi rempli un courant d'air suffisant pour y produire la fusion du cuivre, soit approximativement, 195 grammes *par* minute. La masse de charbon, ou plutôt de carbone, s'est rapidement échauffée de bas en haut, et après une demi-minute environ, j'ai commencé à voir la masse rougir au travers des interstices que présentaient les charbons encore noirs de l'orifice supérieur du fourneau : en approchant alors un corps enflammé des gaz jusque-là invisibles qui sortaient par cet orifice BB, j'ai déterminé immédiatement l'inflammation de ces gaz, qui bientôt ont produit une gerbe de flamme très-fournie et haute de $0^m,45$. La partie combustible d'un gaz sortant d'un appareil où il n'existe que de l'oxygène, du carbone et de l'azote, ne pouvant être que de l'oxyde de carbone, on serait déjà en droit de conclure de cette expérience que, dans les conditions ci-dessus indiquées, l'oxygène de l'air atmo-

sphérique est déjà en très-grande partie converti en oxyde de carbone, pour avoir traversé seulement une couche de carbone épaisse de $0^m,21$. Mais ce n'est pas tout : en continuant l'expérience on trouve que la flamme ne perd rien de son intensité, quand la couche de carbone est réduite par la combustion à $0^m,12$; au-dessous de cette dernière limite, les dimensions de la gerbe gazeuse embrasée diminuent rapidement ; cependant on observe encore des filets de flamme appréciables dans les points où la grille est le moins dégarnie, lorsqu'il n'existe plus que $0^m,06$ de carbone au fond du fourneau. Or, si la puissance de combustion du gaz n'augmente pas visiblement lorsque la couche de charbon est portée de $0^m,12$ à $0^m,21$, c'est que, dans les conditions de cette expérience, l'oxygène atmosphérique est entièrement converti en oxyde de carbone après avoir traversé seulement une couche de $0^m,12$ de carbone; en sorte qu'on peut affirmer que dans un fourneau alimenté en air et en carbone comme celui que je viens de décrire, la hauteur A*b* de la zone oxydante est moins considérable que le diamètre du fourneau. Si donc on donne à cet appareil, toutes autres choses restant comme ci-dessus, une hauteur assez grande (*fig.* 5) pour que la chaleur, développée en A*b*, soit en totalité employée dans le fourneau, c'est-à-dire pour que les gaz sortent de l'orifice supérieur à la température ordinaire, on obtiendra un véritable fourneau de réduction où des minerais chargés à l'orifice supérieur avec du carbone seront soumis à l'influence d'un courant d'oxyde de carbone pur, pendant la plus grande partie du trajet qu'ils devront faire depuis cet orifice jusqu'au niveau de la grille AA.

En décrivant plus loin le principe des fourneaux de réduction usuellement employés en métallurgie, j'aurai encore occasion de signaler plusieurs autres preuves frappantes (§ 34) de la rapidité avec laquelle l'air réagit, dans ces appareils, sur le carbone solide.

23. Causes de la réaction rapide exercée par l'oxygène gazeux sur le carbone solide.

Le fait sur lequel je viens d'insister est contraire aux idées admises par la plupart des auteurs qui ont abordé plus ou moins directement la théorie des fourneaux de réduction; il est également contraire à l'idée qu'on se fait au premier aperçu de la réaction d'un gaz sur un solide : il est donc intéressant de rechercher à quelles causes est due cette propriété, la plus essentielle peut-être de toutes celles que mettent journellement à profit les arts métallurgiques.

La combinaison instantanée de deux masses d'un volume appréciable, ne peut se concevoir qu'entre deux gaz intimement mélangés. En effet, deux gaz qui ne se toucheraient que suivant un plan, et qu'on placerait dans une enceinte portée à une haute température, ne pourraient au premier instant réagir que sur cette surface de contact : malgré la mobilité caractéristique des corps gazeux, la réaction ne pourrait se continuer en général qu'avec lenteur si les deux masses n'étaient soumises à des causes spéciales de mouvement autres que celles qui se développent dans l'enceinte elle-même. Le principal obstacle à la combinaison, consiste en ce que le gaz qui résulte de la réaction superficielle des deux masses, se trouve tout d'abord interposé entre elles, et s'oppose par conséquent, comme le ferait une cloison, à la combinaison ultérieure des portions de masses qui n'ont

pas réagi. C'est ce fait physique qui explique l'extrême difficulté qu'on éprouve dans les arts à brûler complétement les combustibles à flamme. Lorsqu'on emploie, par exemple, de la houille sur la grille d'un four à puddler (*fig.* 7), il s'en dégage sans cesse un courant de gaz combustibles, au milieu duquel s'infiltre, en nombreux filets *aaa* tamisés pour ainsi dire par les fragments solides dont la grille est chargée, une grande masse d'air atmosphérique préalablement échauffée et déjà modifiée par la combustion partielle qui se produit dans cette masse solide. Or, malgré cette division préalable de l'air; malgré la haute température qui régne dans le fourneau; malgré la longueur du trajet de 14 mètres environ que parcourent les gaz; malgré les chocs et les remous qui agissent sur les gaz en plusieurs points de ce trajet, et qui les pétrissent en quelque sorte les uns avec les autres; bien, surtout que ce mélange contienne toujours un grand excès d'oxygène, il s'en faut de beaucoup cependant que tous les éléments combustibles soient brûlés lorsque le courant gazeux sort de la cheminée du four. Cette impossibilité d'une réaction complète entre deux gaz qui ont cependant une grande affinité l'un pour l'autre, tient essentiellement à ce que, dans ce mélange de filets gazeux hétérogènes dont la flamme est composée, toute réaction partielle entraîne nécessairement production d'un obstacle à une réaction plus complète. Au reste, c'est précisément cette lenteur forcée dans la réaction mutuelle de deux gaz non préalablement mélangés, qui constitue la flamme et qui la distingue de la détonation qu'un mélange plus intime produirait entre les mêmes éléments; c'est par conséquent à cette circonstance qu'est due la possibilité d'employer

en grandes masses, et pour porter de grands espaces à une haute température, les combustibles non carbonisés.

Or, si dans le four à puddler, les gaz combustibles peuvent échapper à l'action de l'oxygène en excès après avoir parcouru un trajet de 14 mètres dans une enceinte allongée portée à une haute température, il semble, au premier aperçu, que dans les mêmes conditions de température l'air atmosphérique devrait réagir moins complétement encore sur le carbone solide; qu'en conséquence, ainsi qu'on l'a presque toujours admis implicitement, il devrait encore exister de l'oxygène libre dans les gaz parvenus aux régions supérieures d'un haut-fourneau à courant d'air forcé. C'est cependant le contraire qui arrive: l'expérience décrite ci-dessus en fournit une preuve directe; et il est facile d'ailleurs d'établir par le raisonnement que l'air atmosphérique doit réagir beaucoup plus efficacement sur les combustibles solides à éléments fixes que sur les combustibles gazeux. Ce fait, qui entraîne dans beaucoup de cas une supériorité réelle pour les combustibles carbonisés, tient à deux causes principales.

1° Le caractère saillant de la combustion avec flamme, est que le mouvement de translation qui sollicite incessamment les gaz dans l'enceinte de combustion, est commun, à la fois, à l'oxygène atmosphérique, aux gaz combustibles (oxyde de carbone, hydrogène, hydrogène carboné), et aux gaz brûlés (acide carbonique et vapeur d'eau): il en résulte que deux molécules d'oxygène et de gaz combustible, qui se trouvent séparées dès la sortie du foyer par une molécule d'acide carbonique, peuvent, à la rigueur, traverser toute cette enceinte sans réagir l'une sur l'autre : il suffit

pour cela que les remous qui ont principalement pour effet de brasser les gaz dans l'enceinte ne changent pas la position relative de ces trois molécules, dans les diverses situations, 1, 2, 3, 4..... *n* (*fig.* 7), que ce système de molécules occupe successivement dans l'enceinte de combustion.

Il en est tout autrement dans les fourneaux de réduction alimentés par le carbone solide; l'oxygène atmosphérique, animé d'une vitesse plus ou moins grande, traverse de bas en haut une multitude de fragments solides, sollicités par la gravité dans une direction opposée. Cette opposition, dans le mouvement des réactifs, ne permet pas aux gaz de suivre un seul instant en liberté le mouvement général de translation. Les fragments solides qui font obstacle à ce mouvement, divisent ces gaz sans relâche, et les malaxent en tous sens aussi efficacement que le pourrait faire la machine la plus compliquée : de là résulte entre les solides et les gaz, un renouvellement de surfaces de contact incomparablement plus actif que celui qui a lieu, dans les fourneaux les mieux construits, entre les éléments gazeux de la flamme.

2° La seconde cause, qui contribue plus efficacement encore que la précédente à accélérer la combinaison du carbone solide avec l'oxygène, est que, par une exception toute spéciale à ces deux agents, le gaz brûlé qui résulte de leur réaction, loin d'être un obstacle à la combinaison ultérieure de l'oxygène, devient au contraire un agent fort actif de cette combinaison. Il est indifférent, en effet, pour le progrès de la saturation de l'oxygène libre, qu'une molécule d'oxygène ou

une molécule d'acide carbonique déjà formée arrive au contact du carbone solide : dans le premier cas, en effet, il y a production directe d'acide carbonique : dans le deuxième, il se produit de l'oxyde de carbone, mais celui-ci, vu l'agitation constante qui règne dans la masse gazeuse, ne tarde pas à réagir sur l'oxygène libre.

24. Discussion sur la réaction initiale de l'oxygène et du carbone.

Pour que cette analyse soit complète, il convient encore de résoudre une question accessoire que soulève la réaction de l'oxygène sur le carbone solide. J'ai supposé précédemment qu'un courant d'oxygène, en pénétrant dans une masse de carbone portée à la température rouge, produisait tout d'abord de l'acide carbonique, et que l'oxyde de carbone ne s'introduisait d'une manière stable dans le courant gazeux que lorsque, l'oxygène étant épuisé, l'acide carbonique pouvait à son tour réagir sur le carbone. J'ai conclu *de cette* supposition que, dans les conditions de l'appareil, (*fig.* 5) il existait trois régions successives caractérisées par une composition différente des gaz oxygénés : la première A*a*, contenant de l'oxygène libre et de l'acide carbonique; la deuxième A*b*, contenant de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone; la troisième *b*B, contenant seulement de l'oxyde de carbone.

Plusieurs personnes, tout en admettant les vues générales que je viens d'exposer, ont pensé que ce point de départ était établi d'une manière trop absolue : elles m'ont objecté que, dans l'état actuel de la science, on ne peut dire quel est celui des deux oxydes gazeux du carbone que produit la première réaction de l'oxygène sur le carbone solide ; qu'aucune expérience n'a été faite à ce su-

jet; et que la possibilité même de ces expériences est plus que douteuse. La réponse à cette objection se déduit aisément des considérations posées précédemment.

Je remarquerai d'abord que l'étude méthodique des réactions de l'oxygène et des corps oxydés sur le carbone solide, comprend essentiellement deux genres distincts de phénomènes : les uns chimiques, qui touchent aux réactions proprement dites que comporte la nature même des agents mis en présence ; les autres mécaniques, qui ne sont liés que secondairement à la nature de ces agents, et qui dépendent surtout des forces agissant sur les molécules gazeuses, et imprimant à ces dernières un mouvement plus ou moins favorable aux réactions chimiques. Or, l'incertitude qui existe sur ce qu'on pourrait appeler la réaction initiale de l'oxygène sur le carbone, ne laisse cependant aucun doute sur les produits qui résultent successivement de la réaction d'un courant d'oxygène sur une masse de carbone dans les conditions de la *fig.* 5, parce qu'ici, la question chimique s'efface complétement devant la question mécanique. En effet, lors même qu'on admettrait (contrairement à des analogies qu'il est inutile de relever ici) que la réaction initiale de l'oxygène sur le carbone produit de l'oxyde de carbone, ce gaz n'aurait qu'une existence éphémère dans la région A*a*, puisque le mouvement rapide imprimé sans cesse aux molécules du courant gazeux ascendant, porterait bientôt ce gaz combustible au contact de l'oxygène libre, dont l'existence caractérise cette région inférieure. J'ai d'ailleurs indiqué précédemment que, dans l'hypothèse opposée (admise tout d'abord comme plus natu-

relle), le mouvement rapide de la masse gazeuse détermine également une production et une destruction instantanées d'oxyde de carbone dans la zone A*a*; en sorte que la prédominance de l'action mécanique permet d'établir *à priori* que la succession des régions gazeuses dans l'ordre indiqué par la *fig.* 5, est un fait indépendant de toute hypothèse sur la réaction initiale de l'oxygène et du carbone.

Si, en traitant une matière aussi complexe, je ne me trouvais obligé de me borner aux considérations indispensables au développement de mon sujet, il me serait facile de prouver que l'influence des causes mécaniques est telle dans le phénomène que je viens d'analyser, qu'elle ne permet pas même de poser la question de la réaction chimique initiale entre le carbone et l'oxygène mis en présence dans une enceinte fermée.

L'exposé précédent met suffisamment en évidence les réactions chimiques sur lesquelles sont fondés les fourneaux de réduction : ceux-ci sont en quelque sorte des machines ayant pour objet de produire simultanément, dans la même enceinte, au moyen de l'air et des combustibles si abondants à la surface du globe, l'oxyde de carbone et la chaleur qui sont les agents essentiels de la réduction et de la fusion, c'est-à-dire des deux opérations principales de la métallurgie. Il me reste seulement à revenir sur la difficulté que j'ai déjà signalée, et à indiquer comment on peut passer de l'appareil théorique que représente la *fig.* 5, à des fourneaux d'un usage commode, où les matières élaborées dans la zone réductive B*b* ne peuvent être réoxydées par l'acide carbonique et l'oxygène de la zone inférieure A*b*.

Si la zone oxydante est réduite à si faible hauteur dans le petit fourneau que représente la *fig*. 6 et dans les circonstances que j'ai indiquées, c'est, d'une part, que l'oxygène atmosphérique y est introduit à un grand état de division, et, de l'autre, que le carbone est employé en fragments très-menus : cette hauteur est cependant appréciable, et elle augmenterait considérablement, dans des appareils de grande dimension, par des motifs qu'on apprécie aisément. Il faudrait en effet des machines soufflantes dont la puissance dépasserait toutes les limites auxquelles on peut atteindre dans les arts, pour imprimer le mouvement convenable à des gaz qui devraient traverser des orifices d'admission de 3 millim. carrés, et circuler dans de grandes masses de charbon très-finement concassé. On ne peut donc employer en grand les moyens qui réussissent si bien dans le fourneau d'essai (fig. 6), pour concentrer la combustion dans une zone peu étendue en hauteur, et l'on est obligé d'introduire l'air par des orifices beaucoup plus larges, et d'employer autant que possible des charbons en gros fragments. Mais si on continuait à projeter l'air de bas en haut dans le fourneau, ces deux circonstances, qui rendent beaucoup plus facile la circulation de l'air, auraient nécessairement pour résultat d'accroître, dans la même proportion, la hauteur à laquelle l'air doit s'élever pour être complétement dépouillé d'oxygène et d'acide carbonique. La difficulté que présentent les fourneaux de réduction consiste donc, d'une part, en ce que l'air atmosphérique et le carbone doivent être peu divisés lors de leur admission dans l'appareil, ce qui tend à développer la zone oxydante; et, de l'autre, en ce que cette

dernière zone ne peut s'étendre en hauteur au delà de certaines limites très-restreintes, sans détruire les résultats produits dans la zone réductive. Or, depuis un temps immémorial les métallurgistes praticiens sont parvenus à concilier ces deux convenances, opposées à beaucoup d'égards, par un moyen aussi simple qu'efficace.

25. Moyen employé, de temps immémorial, pour diminuer l'étendue de la zone oxydante.

Ce moyen consiste à introduire dans le fourneau, par une seule ouverture T, *fig.* 8, ou par un nombre très-limité d'ouvertures, la même quantité d'air que, dans l'analyse précédente, je supposais introduite dans un grand état de division par toute la section inférieure AA de l'appareil. Cette ouverture, dite tuyère, est latérale, et l'air y est toujours projeté, avec une vitesse considérable, dans une direction horizontale ou plongeante. En vertu de cette impulsion, chaque molécule d'air se meut d'abord dans le plan horizontal passant par la tuyère, et ne commence à s'élever dans le fourneau que lorsque la plus grande partie de la vitesse initiale a été détruite par le mouvement même, et par les frottements multipliés qui ont lieu entre cette molécule et les fragments de carbone existant à ce niveau. En pénétrant dans la tranche de carbone immédiatement supérieure, l'oxygène atmosphérique a donc déjà réagi sur le carbone d'une manière beaucoup plus prononcée que s'il avait traversé la première tranche de carbone avec une impulsion dirigée de bas en haut. Il est clair d'ailleurs que la réaction de l'oxygène dans la tranche inférieure est d'autant plus avancée, que la vitesse de projection est plus considérable : cette disposition permet donc de réduire pour ainsi dire

à volonté la hauteur de la zone oxydante, et jusqu'à des limites qui, dans la pratique, sont fixées par la nature des opérations métallurgiques, et fort souvent aussi par la force motrice dont on dispose pour mettre en jeu les machines soufflantes. Cette vitesse considérable de projection, imprimée à une grande masse d'air qui doit être projetée par un orifice très-étroit, ne pourrait être produite par un simple tirage. On emploie donc, pour déterminer ce mouvement, une force motrice spéciale qui distingue essentiellement ces appareils et les a fait classer sous le nom générique de fourneaux à courant d'air forcé; on les caractériserait encore mieux par la dénomination de *fourneaux à tuyères*.

Cette modification dans le mode d'admission de l'air atmosphérique en entraîne naturellement une autre : la partie inférieure de l'appareil, *fig.* 8, devenant disponible, on y peut établir une sorte de récipient où se rassemblent les diverses matières liquides *r*, *s*, etc., préparées sous la double influence de la chaleur et de l'oxyde de carbone. Ces matières sont retirées de temps en temps du récipient ou creuset, par une ouverture ménagée à cet effet. Ces diverses dispositions caractéristiques des fourneaux de réduction et de fusion les plus usuellement employés en métallurgie, sont, comme on voit, commandées principalement par la nécessité de réduire la hauteur de la zone oxydante que les matières élaborées doivent traverser pour se réunir dans le récipient inférieur.

Tel est le principe fondamental des fourneaux à courant d'air forcé; et l'on peut déduire aisément de la théorie que je viens de présenter, l'explication des phénomènes généraux que l'on

constate journellement dans ces appareils. Les principaux changements qu'offre l'allure de ces fourneaux par suite de modifications prononcées introduites dans l'état physique de l'air atmosphérique et du carbone, sont pour ainsi dire des corollaires de cette théorie : je crois donc superflu d'expliquer ici les influences généralement reconnues à la densité, à la vitesse de projection, à l'échauffement préalable de l'air, ainsi qu'à l'état d'agrégation et à la densité du combustible.

26. La théorie précédente ne comprend pas l'explication des faits spéciaux à chaque art métallurgique.

La théorie que je viens d'exposer comprend donc implicitement l'explication de tous les phénomènes essentiels aux fourneaux à courant d'air forcé; mais je m'empresse de déclarer qu'elle est loin de suffire lorsqu'on veut soumettre à une analyse complète l'opération métallurgique la plus simple. On voit à l'étendue de ce chapitre quel nombre de faits et de considérations il m'a fallu apprécier pour déduire logiquement de principes admis dans la science l'explication d'un fait aussi simple en apparence que l'action d'un courant d'air sur des fragments de carbone; il est par conséquent aisé de prévoir combien de faits nouveaux devraient être pris en considération pour faire entrer dans l'analyse de chaque cas particulier l'influence des corps oxydés soumis à l'élaboration, des gangues associées à ces oxydes, des autres réactifs ajoutés, de la disposition des matières dans les fourneaux, des divers produits qui peuvent se former, des dimensions et des formes données aux fourneaux, etc. Or, on ne peut prétendre à produire la théorie complète d'un art métallurgique, tant que préalablement on n'a

pas apprécié à sa juste valeur le rôle de chacun de ces éléments.

Je me confirme chaque jour de plus en plus dans l'opinion que la théorie générale d'un ensemble d'appareils métallurgiques, tels que les fourneaux à courant d'air forcé employés pour la fabrication des métaux les plus usuels, ne pourra être abordée dans le cadre d'un simple mémoire, tant que les faits que comprend la métallurgie n'auront pas été mieux constatés et surtout mieux coordonnés qu'ils ne le sont aujourd'hui. Je suis même convaincu que toute tentative de ce genre doit donner à cette science une fausse direction. L'auteur qui veut expliquer un art métallurgique en suivant la méthode rigoureuse propre aux sciences d'observation, c'est-à-dire en n'admettant rien qui ne soit démontré par l'expérience ou par le raisonnement, doit préalablement établir un grand nombre de faits et de principes non classés; il ne peut se borner à mentionner ces bases de raisonnement comme on le fait aujourd'hui, par exemple, en chimie et dans toute autre science réellement constituée. Il résulte de là que l'explication d'une des opérations les plus simples de la métallurgie devrait souvent, pour être suffisante avoir l'étendue d'un traité spécial. Je ne pourrais donc, en me basant sur les phénomènes généraux que je viens d'exposer, aborder ici l'explication complète d'un art métallurgique, sans compliquer mon sujet et sans nuire ainsi à la netteté des idées que je me suis particulièrement proposé de mettre en lumière.

La réserve que je viens de faire est importante, parce qu'elle pose une limite aux applications immédiates que l'on peut faire des vues générales

qui font l'objet de ce mémoire. Les théories que je viens d'établir comprennent tous les faits généraux qui résultent, dans les fourneaux à courant d'air forcé, de la réaction mutuelle du carbone et de l'air atmosphérique, et notamment les influences réductives et calorifiques exercées sur les corps oxydés par les produits de cette réaction; mais ces mêmes théories doivent être complétées dans chaque cas particulier par l'analyse méthodique de tous les faits relatifs aux autres agents introduits dans les fourneaux. Or, je le répète, ces faits sont toujours fort compliqués, même dans les cas les plus simples en apparence, et le principal écueil contre lequel le métallurgiste puisse donner, est de méconnaître cette complication. Ainsi, par exemple, on peut conclure aisément de la nouvelle théorie des fourneaux de réduction, que la projection d'un air préalablement échauffé doit, en amenant une plus rapide *réaction de* l'oxygène sur le carbone, agir dans le même sens que la projection d'un courant d'air forcé, c'est-à-dire, contribuer efficacement à réduire la hauteur de la zone oxydante; qu'en conséquence ce réactif doit, en général, être d'un emploi avantageux dans cette classe d'appareils. Mais on s'exposerait à se tromper gravement si l'on voulait s'appuyer sur cette vue générale pour prédire les résultats que ce réactif devrait produire dans un cas déterminé, ou pour recommander, ainsi qu'on l'a fait trop souvent, l'emploi de cet agent dans beaucoup de cas où l'expérience prouve chaque jour qu'il ne convient pas.

27. Simplicité de moyens et com- C'est en se préoccupant sans cesse de l'extrême complication des faits qu'ils ont mission d'inter-

préter, et en ne se laissant pas abuser par la simplicité apparente des phénomènes, que les métallurgistes parviendront à faire sortir la science de cet état d'impuissance où elle se trouve trop souvent réduite, lorsqu'elle prétend à une action directrice dans les ateliers. La réunion d'une grande simplicité de moyens et d'une grande complication d'effets est peut-être la circonstance qui caractérise le mieux la plupart des arts usuels, et les arts métallurgiques en particulier. Ce fait résulte de deux nécessités qui sont, pour ainsi dire, l'essence de l'industrie : 1° l'obligation d'inventer et de perfectionner sans cesse ; d'ajouter une nouvelle combinaison à des combinaisons déjà connues, afin de satisfaire à la condition de profit ; 2° la convenance d'adopter seulement parmi tous les procédés que suggère le génie industriel, ceux qui étant simples en eux-mêmes, s'adaptent aisément aux méthodes déjà usitées, de telle sorte que l'art soit toujours à la portée des ouvriers qui doivent le mettre en pratique, et ne les astreigne pas à un trop long apprentissage. Cette direction imprimée aux arts industriels mérite tout l'intérêt des savants et des philosophes : il faut considérer en effet que tant de procédés qui forment la base de la civilisation, ont été découverts et se sont perfectionnés d'âge en âge par une méthode d'invention spéciale à l'industrie, et essentiellement différente de celle qui est propre aux sciences. Loin de s'être développés sous l'influence scientifique, les arts industriels ont été, à beaucoup d'égards, le point de départ des sciences d'observation ; et, aujourd'hui même, malgré l'impulsion qui leur a été donnée depuis trois siècles, la physique, la mécanique et la chimie, ne peuvent encore expliquer la plupart des

Simplication d'effets, caractéristiques pour les arts métallurgiques.

phénomènes qui, depuis un temps immémorial, sont mis à profit dans les ateliers.

28. Application de la théorie précédente à plusieurs exemples. Je compléterai cependant ce chapitre par quelques exemples empruntés aux arts métallurgiques les plus usuels. Renonçant, par les motifs que je viens d'exposer, à donner une explication complète des phénomènes, je laisserai à dessein de côté la discussion des faits spéciaux à chaque art. Je m'attacherai seulement à prouver que les vues générales exposées précédemment sont applicables à tous les fourneaux à courant d'air forcé. Je m'appliquerai aussi à mettre en relief la variété des moyens employés, suivant les cas, d'une part pour mettre à profit la chaleur et l'oxyde de carbone, et de l'autre pour soustraire les produits élaborés sous l'influence de ces agents dans la zone réductive, à l'influence contraire de la zone oxydante. Enfin cette analyse sommaire de plusieurs arts me donnera occasion de mettre en évidence ces associations remarquables de moyens simples et d'effets compliqués que je viens de signaler comme le caractère distinctif des arts industriels.

1° *Foyers pyrénéens.*

29. Foyers pyrénéens. Le problème qu'il s'agit de résoudre dans la première partie du procédé métallurgique, connu sous le nom impropre de méthode catalane, consiste essentiellement à convertir, dans un espace très-circonscrit, le minerai de fer oxydé, en fer métallique, et à soumettre à une température élevée, pour les étirer en barres, les masses informes de fer brut, produites dans une opération précédente. Le croquis (*fig.* 9) indique la solution à laquelle on est parvenu aujourd'hui dans le département de l'Ariége.

Le minerai à traiter en une opération est partagé en deux parties : l'une, composée de morceaux débarrassés au moyen d'un crible de la poussière et des menus fragments, est placée en *mm*, et séparée du combustible chargé en *cc* par plusieurs couches soigneusement battues *aa*, de fraisil humecté et de charbon menu ; l'autre, réduite en poussière, formant au moins le tiers et quelquefois la moitié de la masse totale, et fortement humectée d'eau, est chargée successivement, par petites portions, pendant toute la durée de la réduction du minerai *m* : ces petites couches *m'm'* de minerai, stratifiées avec le charbon de bois *c*, descendent en même temps que ce charbon s'affaisse par la combustion qui a lieu constamment devant la tuyère. Les massiaux de fer brut *ff*, sont placés au-dessus de la tuyère T, dans l'espace disponible compris entre le minerai *m* et la varme *v*. On projette par la tuyère une quantité moyenne de 7 kilog. d'air par minute environ, avec une pression qui, évaluée par la hauteur d'une colonne de mercure, varie, selon le degré d'avancement de l'opération, entre $0^m,04$ et $0^m,08$.

La chaleur dégagée par la combustion est employée en partie à échauffer par contact et par rayonnement les massiaux *ff*, et en partie entraînée par les gaz que cette combustion produit. L'air projeté de haut en bas circule dans les charbons incandescents tout le temps nécessaire pour perdre sa vitesse initiale ; par suite de cette disposition, l'oxygène atmosphérique est déjà converti en oxyde de carbone lorsque les gaz sont chassés au travers du minerai *mm* par le courant que ne cesse de projeter la tuyère. L'oxyde de carbone sort du foyer en traversant le minerai *mm*,

et non le charbon *cc*, par plusieurs raisons : les interstices qui existent entre les charbons laissent aux gaz un passage moins facile que ceux du minerai *mm*, préalablement débarrassé de tous les menus fragments ; la hauteur de la masse de charbon *cc* est ordinairement plus grande que celle du minerai *mm* ; les massiaux placés au-dessus de la tuyère gênent la sortie des gaz dans cette direction ; enfin, les couches de minerai pulvérulent et humecté *m'm'*, qu'on stratifie continuellement avec le charbon, tendent encore à empêcher la circulation des gaz dans cette partie du foyer. Par ces divers motifs, le minerai *mm* offre le point de moindre résistance, et donne seul issue aux gaz que l'on peut effectivement embraser en *bb*, par l'approche d'un corps enflammé à la surface du tas de minerai, dès qu'on commence à donner le vent ; la disposition du foyer pyrénéen est donc telle que le minerai y est soumis, depuis le commencement de l'opération, à l'influence simultanée de tout l'oxyde de carbone qui se forme dans le foyer et de toute la chaleur qui n'est point employée dans le fond du foyer à échauffer les massiaux et à élaborer le minerai menu.

L'élaboration du minerai gros et menu en *m* et en *m'*, et la conversion de toutes les matières fixes en une loupe de fer malléable *r*, et en scories *ss*, comprennent d'ailleurs une foule de phénomènes qui marchent très-bien de front avec les deux opérations fondamentales de la réduction et du corroyage. Mais l'examen de ces faits spéciaux sortirait du cadre dans lequel je dois me renfermer ici (1).

(1) On trouve d'excellentes observations sur les nom-

On peut encore faire apprécier par un rapprochement numérique, combien il est vrai de dire, suivant la définition que j'ai proposée, que les foyers pyrénéens, de même que tous les fourneaux de réduction à courant d'air forcé, sont des machines essentiellement disposées pour produire simultanément, de la chaleur et de l'oxyde de carbone. Il existe, en effet, les rapports moyens suivants entre les poids des matières premières et des divers produits fixes et gazeux.

Matières solides introduites dans le foyer pyrénéen. . .	6,50	Produit utile (fer en barres).	1,00
		Scories rejetées.	1,40
		Oxyde de carbone préparé. .	5,00
		Gaz rejetés par l'appareil. .	21,80

2° *Foyers corses.*

La fabrication du fer par la méthode corse diffère de la fabrication pyrénéenne en ce que la simplicité apparente des moyens y est poussée — 30. Foyers corses.

breux phénomènes que présente la méthode pyrénéenne, dans les écrits de MM. Dietrich, Tronson-Ducoudray, Lapeyrouse, Muthuon et Marrot. Plus récemment, M. Richard a publié le traité le plus complet qui ait été fait sur cette méthode, et M. François a fait connaître les résultats de ses intéressantes recherches sur les modifications successives qu'éprouve le minerai de Rancié (Ariége), lorsqu'on l'élabore au foyer pyrénéen. Les observations de M. François, sur les nombreux phénomènes qui accompagnent cette élaboration, prouvent combien sont compliquées les réactions du procédé pyrénéen, qu'on est cependant accoutumé à considérer comme un des arts les plus simples de la métallurgie. Ces ingénieuses observations viennent ainsi à l'appui des réflexions générales que j'ai présentées ci-dessus. MM. François et Richard ont d'ailleurs adopté, dans leurs ouvrages, mes vues théoriques sur l'intervention exclusive des gaz en mouvement, et ont renoncé aux idées de cémentation et de réactions dues au contact des solides, admises par leurs devanciers.

moins loin, et notamment en ce que la réduction du minerai se fait dans un foyer distinct de celui où ont lieu la formation des loupes et le corroyage du fer brut. Dans la première opération, on emploie, pour diriger l'oxyde de carbone sur le minerai à réduire, un moyen aussi simple qu'ingénieux, dont la *fig.* 10 offre les principaux détails.

Le foyer n'offre d'autre construction fixe que la varme *vv* qui supporte la tuyère, et le laiterol *ll* qui ne joue aucun rôle dans la première opération que je vais seule décrire. Ce foyer est reconstruit à neuf à chaque fois de la manière suivante : sur un fond de brasque battue *aaa*, on élève au devant de la tuyère une enceinte composée de gros charbons bien droits CC, longs de $0^m,16$ et disposés horizontalement. La base de cette sorte de mur d'enceinte est limitée intérieurement par deux droites parallèles *bb*, perpendiculaires à la varme, distantes de $0^m,18$ et *situées* à égale distance du plan passant par l'axe de la tuyère; ces deux droites s'appuient à la varme par l'une de leurs extrémités, et sont raccordées à l'autre extrémité par un demi-cercle *bdb*, dont le point *d* situé dans le plan de l'axe de la tuyère, est à $0^m,40$ de la varme. La limite extérieure du mur d'enceinte est une figure *b'b'db'b'* entièrement semblable à celle que je viens de décrire, et est distante de $0^m,16$ de tous les points correspondants de la limite intérieure ; l'espace compris est occupé par des charbons disposés horizontalement, et toujours normalement aux deux limites. Sur l'assise inférieure établie comme je viens de le dire, on place d'autres charbons de même longueur, offrant un certain retrait à mesure qu'ils s'élèvent, de telle sorte que l'enceinte ait en tout

$0^m,75$ de hauteur, et offre à son orifice supérieur des dimensions de $0^m,48$ et $0^m,55$. Le minerai à réduire, concassé en fragments, est placé en *m* entre le mur de charbon et de gros fragments M de minerai qui doivent servir à une opération suivante, et reçoivent ainsi une sorte de préparation. Le combustible, chargé en *c*, s'élève ordinairement au-dessus du niveau du minerai. On lance moyennement dans l'enceinte 5 kilog. d'air par minute, avec une pression de $0^m,04$ à $0^m,05$.

Ici, comme dans le cas précédent, la masse de minerai à réduire offre aux gaz réductifs formés dans l'enceinte une moindre résistance que le charbon accumulé au-dessus de la tuyère : les gaz, après avoir réagi sur le charbon et avoir perdu leur vitesse initiale, sont amenés facilement vers le minerai, au travers de l'enceinte, par une multitude de conduits horizontaux rectilignes, normaux au vide intérieur, formés par la juxtaposition des gros charbons qui composent l'enceinte CC.

3° *Fourneaux à manche.*

En traitant dans les fourneaux à manche et dans les demi-hauts-fourneaux les minerais de cuivre, de plomb, d'étain, etc., on se propose ordinairement de réduire les oxydes métalliques ou les combinaisons oxydées plus complexes qui renferment le métal utile, puis de séparer par voie de fusion, presque toujours à une température très-ménagée, les matières métalliques des matières terreuses qui entrent généralement en proportion considérable dans le lit de fusion. On atteint ordinairement ces résultats par une disposition analogue à celle que représente la *fig.* 11.

31. Fourneaux à manche et demi-hauts-fourneaux.

Au-dessous du niveau de la tuyère, existe un récipient creusé dans la brasque *ppp*, dans lequel se déposent, suivant l'ordre de leurs densités, la partie métallique *r* et les matières terreuses *s*. Le mélange *m* de matières à élaborer dans le fourneau, ou le lit de fusion de tous les réactifs solides, le charbon excepté, est toujours chargé sur la varme *vv'*, c'est-à-dire au contact de la paroi du fourneau qui reçoit la tuyère; tandis que le charbon est chargé au contact de la paroi opposée *ik*. Ces deux sortes de réactifs forment donc deux colonnes verticales juxtaposées *mm* et *cc*, que l'art du chargeur consiste à rendre aussi distinctes que possible. L'une des dispositions généralement adoptées pour atteindre ce but, consiste à déverser la varme au delà de la verticale *vh* élevée sur la tuyère: le lit de fusion *mm* se trouve ainsi retenu au contact de cette varme et ne peut filtrer vers la poitrine *ik* au travers du charbon *cc*, comme cela arriverait inévitablement dans la disposition inverse. L'air est projeté dans le fourneau avec une vitesse ordinairement moindre que dans les foyers décrits précédemment. Ainsi, par exemple, le fourneau que représente la *fig.* 11, et qui était employé à Ockerhütte dans le Bas-Hartz, en 1829, pour la fusion des minerais de plomb cuivreux et zincifères du Rammelsberg, recevait à cette époque environ 6 kil. d'air par minute, avec une pression comprise ordinairement entre $0^m,02$ et $0^m,03$.

L'air froid, à son entrée dans le fourneau, se trouvant d'abord en contact avec des matières fondues et pâteuses, à la partie inférieure de la colonne *mm*, les coagule en partie, et forme, aux dépens de ces matières, une sorte de tube irré-

gulier *aa*, nommé *nez*, qui est un véritable prolongement de la tuyère T. Le nez conduit l'air, en l'échauffant, jusqu'à la masse de charbon *cc'*, où se produit l'oxyde de carbone. Cette disposition est à la fois la plus simple et la plus efficace qu'on puisse imaginer. En effet, l'air retenu dans le nez ne peut frapper sur les matières souvent très-oxydables qui s'élaborent au-dessus de la tuyère en *m'*. Aucune molécule de gaz ne peut arriver au contact de ces matières, qu'après avoir été portée au contrevent en vertu de la vitesse initiale et par conséquent sans avoir parcouru dans le charbon un trajet au moins égal à deux fois la largeur de la colonne *c'*. Le gaz qui circule en *m'*, doit donc être fortement chargé d'oxyde de carbone, et comme il entraîne avec lui une grande partie de la chaleur développée en *c'*, il doit être à la fois agent très-actif de fusion et de réduction.

On conçoit que les dimensions du fourneau étant déterminées ainsi que le volume relatif de charbon *c* et des matières à élaborer *m*, il importe que l'épaisseur de la colonne *cc'*, comptée dans le sens de la direction du vent, c'est-à-dire de *a* en *b*, soit aussi grande que possible. C'est à quoi l'on arrive d'une manière fort simple en donnant à la section horizontale du fourneau la forme d'un trapèze *defg*, dont le grand côté *de* correspond à la varme. Pour augmenter encore l'épaisseur *c'c'* de la colonne de charbon au devant de la tuyère, on a l'habitude, ainsi que je l'ai remarqué dans plusieurs usines de la Saxe et du Hartz, de charger le lit de fusion dans les angles *d* et *e*; en sorte que la colonne *mm'* présente, au niveau de la tuyère, la section horizontale in-

diquée sur le plan de la *fig.* 11. Ces diverses dispositions, dont les fondeurs connaissent l'importance depuis un temps immémorial, sont évidemment le contre-pied de ce qu'il conviendrait de faire si le charbon agissait par contact sur les corps à réduire. La théorie générale exposée dans ce chapitre, en explique au contraire les plus petits détails.

Hauts-fourneaux à fonte de fer.

32. Hauts-fourneaux à fonte de fer.

4° Les résultats qu'on se propose d'obtenir en élaborant, dans ces appareils, les oxydes naturels de fer, sont les suivants : 1° amener le fer à l'état métallique ; 2° le combiner ensuite avec une proportion de carbone suffisante pour rendre le fer fusible ; 3° séparer, sous l'influence d'une haute température et par voie de fusion, la fonte de fer des matières terreuses contenues *dans le* lit de fusion. La *fig.* 12 rappelle les principales dispositions qu'il est nécessaire d'observer pour atteindre ces divers résultats.

Il existe toujours au-dessous du niveau des tuyères un creuset où tombent et se séparent, suivant l'ordre de leurs densités, la fonte *r* et les laitiers *s*. Le mélange *m* de matières à élaborer est stratifié avec le combustible *c*, en masses de volume constant et toujours assez considérables pour que, dans toute l'étendue du fourneau, il n'y ait pas de contact appréciable entre ces deux sortes de réactifs. L'expérience indique d'ailleurs que l'allure du fourneau est d'autant plus régulière, que le fondeur parvient mieux à conserver, pendant la descente des matières, la séparation entre les deux parties de la charge, et qu'ainsi la

coupe verticale du haut-fourneau se rapproche plus de l'état de choses indiqué dans la *fig.* 12. La température de ces fourneaux est en général beaucoup plus élevée que celle des précédents : on obtient cette haute température en employant de préférence des combustibles plus denses, en projetant, pour des sections égales de fourneaux, de plus grandes quantités d'air, et en donnant à l'air une vitesse horizontale beaucoup plus grande. Suivant la nature du combustible et les dimensions des fourneaux, la quantité d'air lancée par minute varie de 8 à 125 kilog., et la pression, de $0^m,04$ à $0^m,20$.

Cette grande vitesse de projection combinée avec d'autres circonstances favorables, détermine dans la région de la tuyère une température fort élevée et une rapide conversion de l'oxygène atmosphérique en oxyde de carbone. Cette haute température est indispensable pour la fusion des matières très-réfractaires que renferme la dernière charge m^{18} (*fig.* 12) préparée pour la fusion. Mais les gaz ascendants, lorsqu'ils ont agi sur la charge en voie de fusion, retiennent encore une quantité considérable de chaleur : pour que cette chaleur soit mise à profit, il convient qu'il y ait au-dessus de la zone de combustion une masse de matières à échauffer beaucoup plus grande que dans les cas précédents : de là la hauteur considérable donnée à ces fourneaux. Ce n'est pas tout; les gaz qui, jusqu'à un niveau élevé, conservent une température rouge, peuvent, dans toute la durée de ce long trajet, pourvu qu'ils conservent aussi une composition convenable, exercer une action réductive sur le minerai de fer; or, c'est pour remplir cette seconde convenance, c'est-à-dire

pour rendre l'appareil aussi économique que possible, qu'on s'est trouvé conduit, ainsi que je vais le démontrer, à cette stratification des charges qui distingue les hauts-fourneaux à fonte de fer entre tous les autres fourneaux de réduction à courant d'air forcé. Remarquons, en effet, que si les gaz, en s'élevant dans le fourneau, rencontraient les matières disposées dans les conditions de la *fig.* 11, il arriverait que des molécules d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, une fois formées en m' et en c', s'élèveraient respectivement dans les deux masses verticales $m'm$ et $c'c$, sans exercer dans ces milieux aucune réaction chimique. Ces gaz, malgré leur haute température, seraient donc complétement inertes sous le rapport chimique, et leur intervention se bornerait à un rôle purement calorifique. Dans la disposition de la *fig.* 12, au contraire, le gaz, obligé de traverser successivement une suite nombreuse de couches de minerai et de charbon, produit nécessairement dans chacune de ces couches une réaction chimique favorable au résultat définitif.

Ainsi, par exemple, une molécule d'oxyde de carbone formée dans la région de la tuyère, rencontrera nécessairement en s'élevant dans le fourneau, une certaine couche du lit de fusion, m^{14}, par exemple, où l'oxyde de fer ne sera pas encore complétement réduit. A partir de ce moment, elle pourra réagir dans chacune des tranches successives c^{13}, m^{13}, c^{12}, m^{12}, etc., en produisant de l'acide carbonique dans la couche de minerai, et de l'oxyde de carbone dans celle de combustible; en sorte que, tout en agissant sur chaque couche de minerai, le gaz ascendant se trouvera toujours dans le cas de reprendre les propriétés réductives

que cette action même tend à lui faire perdre. Ces réactions successives ont encore cet avantage qu'elles tendent à augmenter la proportion du gaz réagissant associé à l'azote atmosphérique. En effet, dans le cas purement théorique où une molécule d'oxyde de carbone CO, formée près de la tuyère, réagirait d'une manière complète sur les charges successives, elle produirait d'abord une molécule CO^2 d'acide carbonique dans la première couche de minerai non réduite; cette molécule en traversant la couche immédiatement supérieure de charbon donnerait deux molécules 2CO d'oxyde de carbone; la réaction complète de ces deux dernières et de leurs produits immédiats formerait ainsi successivement les quantités croissantes de gaz, $2CO^2$, 4CO, $4CO^2$, 8CO, $8CO^2$, 16CO, etc. Une foule de causes qu'il est inutile d'analyser ici, ne permettent pas à cette progression de se réaliser, mais les réactions successives que je viens d'indiquer n'en restent pas moins une circonstance assez importante de l'allure du haut-fourneau. La stratification des charges est un moyen efficace de mettre à profit, pour les réactions chimiques nécessaires à la production de la fonte, la haute température que les gaz conservent toujours jusqu'à une faible distance du gueulard. Ainsi s'explique naturellement le fait singulier signalé par M. Karsten, et rappelé dans l'introduction de ce mémoire (voir § 2), qu'on dérange la marche du haut-fourneau en mélangeant intimement les charges de minerai et de combustible.

33. Digression sur les causes de la carburation du fer dans les hts-fourneaux.

Outre les phénomènes de réduction, les hauts-fourneaux présentent une série de réactions très-complexes qui se rattachent à la fusion des ma-

tières, et à la conversion du fer métallique en un composé fusible, dit fonte de fer, caractérisé essentiellement par la combinaison du fer avec le carbone. L'étude approfondie de ces réactions sort du cadre que je me suis tracé dans ce mémoire : je crois cependant convenable de réfuter ici l'opinion erronée qui a été admise jusqu'à présent sur les causes de la carburation du fer.

On sait depuis longtemps qu'en chauffant pendant plusieurs jours, dans une enceinte hermétiquement close, une barre de fer forgé au milieu d'une brasque de charbon de bois concassé, le fer se carbure lentement de la surface au centre, et se convertit, après avoir absorbé environ 0,01 de carbone, en un produit nouveau, l'acier, distingué du fer métallique par plusieurs propriétés physiques et chimiques. La fonte de fer qui se produit dans l'appareil que je viens de décrire, est essentiellement composée comme l'acier, avec cette différence que la proportion de carbone y est plus considérable, bien qu'ordinairement inférieure à 0,05.

L'opinion généralement admise sur la cause de ce phénomène, est que la carburation des barres dans les caisses fermées dites de cémentation, est due au contact du carbone solide : cette même explication a été étendue au haut-fourneau ; et l'on a toujours admis que le fer métallique provenant de la réduction s'y carburait par cémentation et par le contact des fragments de charbon.

La carburation du fer, sous l'influence du carbone solide, n'est pas *à priori* absolument inadmissible, ou du moins inexplicable, comme la réduction des oxydes. On comprendrait jusqu'à un certain point que l'affinité chimique pût faire

pénétrer de proche en proche, et par conséquent avec contact immédiat, le carbone jusqu'au centre d'une barre de fer, comme la capillarité, par exemple, fait infiltrer un liquide au centre d'un solide poreux placé à sa surface. Toutefois, cette explication, toute spéciale à ce genre de combinaison, aurait l'inconvénient de conserver à la carburation du fer un certain caractère exceptionnel dans l'ensemble des faits chimiques.

L'examen de divers phénomènes qui se présentent dans les foyers pyrénéens et dans les hauts-fourneaux, m'ayant prouvé que la carburation du fer y avait lieu sans contact appréciable du fer réduit avec le charbon, je me trouvai naturellement conduit à l'opinion que dans les caisses de cémentation de même que dans les hauts-fourneaux, le contact de ce réactif n'était nullement nécessaire à la carburation. M. Laurent et moi avons prouvé par des expériences directes (1) l'exactitude de cette prévision : 1° en chauffant en vase clos, au grand feu des fourneaux à porcelaine de la manufacture royale de Sèvres, en présence du charbon, mais sans contact, des fils de fer doux de $0^m,003$ de diamètre qui ont été convertis en acier très-carburé ; 2° en faisant passer sur du fer métallique un courant de gaz préparé *par voie sèche*, par la réaction d'un mélange, à volumes égaux, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique sur un excès de charbon préalablement calciné, et en carburant ainsi ce fer d'une manière prononcée.

---

(1) Voir la description de nos expériences dans le mémoire rédigé par M. Laurent, en notre nom commun, Annales de chimie et de physique, tome 65, page 403.

Il résulte de ces expériences que dans les caisses de cémentation, comme dans les hauts-fourneaux, la carburation du fer peut être expliquée par l'intervention exclusive des agents gazeux, et que par conséquent il n'y a pas besoin de recourir pour l'expliquer, même dans le cas où il y a contact de carbone solide, à une influence directe, anomale en chimie, qui serait exercée par ce dernier agent.

Il reste toutefois à résoudre une question théorique importante : celle de savoir à quel agent gazeux doit être attribuée la carburation du fer, soit dans les deux expériences que je viens de rappeler, soit dans les caisses de cémentation et dans les hauts-fourneaux. L'oxyde de carbone et l'hydrogène carboné sont les seuls agents dont on puisse discuter l'intervention, puisque ce sont les seuls gaz carburés non oxydants, qui, dans ces divers appareils, peuvent se trouver en présence du fer.

En discutant les faits métallurgiques qui m'avaient démontré l'intervention exclusive des gaz dans la carburation du fer comme dans la réduction des corps oxydés, j'avais été conduit à reconnaître que l'hydrogène carboné, qui possède d'ailleurs à un haut degré la propriété de carburer le fer, ne pouvait être considéré comme l'agent carburant essentiel des caisses de cémentation et des hauts-fourneaux, par les raisons suivantes : 1° L'hydrogène carboné ne pourrait provenir dans les caisses de cémentation que de la distillation du charbon de bois : or, le charbon distillé à une haute température ne produit que des traces d'hydrogène carboné : ce dernier gaz d'ailleurs se décompose à une haute température, et il est difficile

de concevoir comment il pourrait en rester même des traces dans les caisses de cémentation après quinze jours de feu soutenu, et à la température du ramollissement de l'acier. 2° Dans les hauts-fourneaux, le charbon, lorsqu'il parvient dans la zone de combustion, ne doit ordinairement retenir que des traces de matières volatiles : celles-ci se composent essentiellement d'hydrogène et d'oxyde de carbone, et ne peuvent donner qu'une proportion relative très-faible d'hydrogène carboné ; il semble donc que ce dernier gaz, délayé à mesure qu'il se produit dans l'énorme quantité de gaz qui sort de la zone de combustion, doit se trouver en proportion inappréciable dans la région immédiatement supérieure, et qu'il est difficile de lui attribuer la carburation qui a lieu dans cette partie du fourneau. J'avais donc été conduit à attribuer la carburation à l'oxyde de carbone, seul gaz carburé dont la présence parût réellement essentielle dans ces deux appareils. Cette vue théorique ne pouvait toutefois être admise, comme celles relatives à la réduction des corps oxydés, qu'après des expériences directes : mais ces expériences, que nous avons décrites dans le mémoire déjà cité (1), ne nous ont pas permis de décider complétement la question dans un sens ou dans l'autre. La difficulté extrême que présentent ces expériences est exactement la même que celle qui donna lieu, lors de la découverte de l'oxyde de carbone, à la mémorable discussion que Berthollet soutint contre MM. Clément et Désormes, relativement à la composition chimique de ce gaz (voir ci-après,

(1) Annales de chimie et de physique, tome 65, page 403.

§ 36). Lorsqu'on prépare le gaz par voie sèche, c'est-à-dire par la réaction de l'oxygène sur le carbone en excès à une haute température, le gaz est toujours carburant; mais comme il contient toujours des traces d'hydrogène, il est impossible d'affirmer que la carburation n'est pas due à une trace d'hydrogène carboné. En préparant, au contraire, le gaz par la voie humide, par le procédé de M. Dumas, et par conséquent sans y introduire les substances gazeuses que le charbon le mieux calciné pourrait encore dégager, nous n'avons pu, malgré les précautions les plus minutieuses, obtenir même une trace de carburation. On ne peut cependant tirer de ces observations la conclusion que l'oxyde de carbone ne carbure pas le fer métallique, vu qu'il est impossible d'affirmer que la propriété carburante de ce gaz n'est pas neutralisée dans le gaz préparé par voie humide, par une trace d'acide carbonique ou de vapeur d'eau : ce doute est d'autant plus convenable que dans celle de nos expériences où nous avons pris les plus grandes précautions pour purifier le gaz et prolonger la durée des vases de porcelaine qui servaient d'enveloppe et de support au fer métallique soumis à l'expérience, nous avons toujours obtenu pour résultat, du fer parfaitement doux, plongé dans un laitier verdâtre, ferrugineux, formé aux dépens du fer et de la porcelaine. Or, l'oxydation du fer ne peut être produite dans cette expérience que par des traces de gaz oxydants, mêlés accidentellement à l'oxyde de carbone; et le fait de cette oxydation implique l'impossibilité de la carburation, lors même que, conformément à ce que semblent indiquer plusieurs faits métallurgiques, l'oxyde de carbone

possèderait réellement les propriétés carburantes.

Dans la perplexité où l'on se trouve pour attribuer la carburation du fer, soit à un agent essentiellement carburant, mais dont il n'existe souvent dans les appareils de carburation que de simples traces, soit à un agent qui domine toujours dans ces appareils, mais dont la propriété carburante ne peut être admise tant qu'elle n'aura point été démontrée par une expérience directe, M. Laurent a été conduit à l'opinion que le carbone est volatil, et que sa vapeur est l'agent carburant des caisses de cémentation et des hauts-fourneaux : il a développé cette opinion et décrit les ingénieuses expériences qu'il a faites à l'appui dans un mémoire inséré dans les Annales de chimie et de physique (1). C'est la même difficulté qui a conduit M. François à attribuer en partie la carburation qui a lieu occasionnellement dans le foyer pyrénéen à des particules très-fines de charbon qui seraient entraînées mécaniquement par le courant gazeux qui traverse le foyer (2).

Diverses observations faites depuis cette époque me donnent lieu de penser que le sujet n'est point encore épuisé; mais je sortirais des limites où je dois maintenir ce mémoire en insistant ici sur cette question. Il me suffisait d'établir que, s'il existe encore de l'incertitude sur la nature de l'agent qui produit la carburation dans le haut-fourneau, il résulte du moins de nos expériences que cette carburation ne doit point être attribuée au

(1) Tome 65, page 417.

(2) Essai sur l'élaboration du minerai de fer dans le traitement à la catalane.—Annales des mines, 3[e] série, t. 13, pag. 562. 1838.

carbone solide, mais bien au courant gazeux qui s'élève sans cesse au-dessus de la zone oxydante. En sorte que, par une de ces associations d'effets si communes dans les opérations métallurgiques, il arrive que toutes les causes qui, en réduisant la hauteur de cette zone, tendent à accroître la puissance réductive d'un haut-fourneau, ont également pour résultat d'en développer le pouvoir carburant.

Je terminerai cet aperçu sommaire de la théorie du haut-fourneau par un rapprochement analogue à celui que j'ai présenté pour le foyer pyrénéen : les poids des matières premières et des produits de l'appareil, dans les conditions où se trouvent la plupart des usines françaises, présentent approximativement les rapports suivants :

Matières solides introduites dans le haut-fourneau. .	5,50	Produit utile (fonte).	1,00
		Laitiers rejetés. . . .	2,00
		Oxyde de carbone préparé.	2,50
		Gaz rejetés par l'appareil.	8,50

34 Nouvelles preuves directes de la réaction rapide exercée par l'oxygène sur le carbone solide.

Les appareils métallurgiques que je viens de décrire sommairement, confirment, lorsqu'on les étudie dans leurs détails, plusieurs principes que j'ai établis, au commencement de ce chapitre, sur des preuves d'un autre genre. C'est ainsi, par exemple, qu'on trouve dans le foyer corse une preuve irrécusable de la transformation rapide que subit l'oxygène atmosphérique projeté dans une direction horizontale ou plongeante au milieu de charbons portés à une température élevée. Les gaz projetés par la tuyère dans le charbon *c* (*fig.* 10) s'échappent incessamment, ainsi qu'on l'a expliqué, au travers du mur de charbon GC ; or, si ces gaz n'étaient pas complétement convertis en oxyde de car-

bone dans la zone de combustion c', ils devraient nécessairement exercer une action dissolvante sur les charbons qui composent l'enceinte CC ; mais c'est ce qui n'a pas lieu : après une opération qui dure moyennement trois à quatre heures, on trouve le mur CC entièrement intact : la conversion de l'oxygène en oxyde de carbone est donc complète dans l'espace très-resserré qui compose le foyer proprement dit. Il me paraîtrait difficile de trouver dans une expérience de laboratoire une preuve plus convaincante de la réaction rapide exercée par l'oxygène sur le carbone.

Le demi-haut-fourneau d'Ockerhutte (Bas-Hartz), *fig.* 11, que j'ai pris ci-dessus pour exemple, fournit encore une preuve d'une autre nature à l'appui de ce principe fondamental de métallurgie. Les minerais de plomb grillés qu'on élabore dans ce fourneau contiennent une forte proportion d'oxyde de zinc, lequel se réduit sous les mêmes influences qui donnent du plomb métallique. Le zinc, vaporisé dans la région inférieure, se condense en partie sur l'assiette de schiste z disposée à cet effet sur la poitrine du fourneau. Les gaz projetés directement par la tuyère dans cette région sont donc déjà assez chargés d'oxyde de carbone pour que le zinc métallique en vapeur y puisse subsister. Cette circonstance prouve encore combien la disposition relative des charges est efficace dans cet appareil ; en effet, les gaz ne peuvent être réfléchis vers le minerai m' qu'après avoir été préalablement portés en z par la force du vent : ils doivent donc être éminemment réducteurs puisqu'ils ont alors parcouru dans le carbone c' un espace double du trajet qu'ont pu y faire les gaz de la région z.

CHAPITRE III.

ESSAI HISTORIQUE SUR L'OXYDE DE CARBONE ET SUR LES THÉORIES DE LA CÉMENTATION ET DES FOURNEAUX A COURANT D'AIR FORCÉ.

35. **Réclamations sur la propriété des idées émises dans les deux premiers chapitres.**

Le mémoire que j'ai présenté le 18 janvier 1836 à l'Académie des sciences, et dont le résumé a été inséré dans le compte rendu de cette séance (1), a donné lieu à diverses réclamations sur la priorité des idées qui y sont émises, et que je viens de reproduire dans ce nouveau travail. Plusieurs personnes, par une méprise due, sans doute, à la publication incomplète que mes idées avaient reçue jusqu'à présent, ont réclamé la propriété d'opinions que je n'ai point avancées : j'espère que ces personnes trouveront dans les deux chapitres précédents les éclaircissements qu'elles pouvaient désirer. Dans les autres observations qui m'ont été adressées, on s'accorde généralement à reconnaître que j'ai présenté le premier la théorie de la réduction des oxydes par cémentation dans une enceinte fermée ; que ma théorie des fourneaux à courant d'air forcé est plus complète que toutes celles qui avaient été présentées jusque-là ; qu'elle donne aux deux oxydes gazeux du carbone une importance métallurgique qu'on ne leur avait pas encore reconnue ; mais on m'annonce en même temps que plusieurs faits sur lesquels s'appuie cette dernière théorie, avaient précédemment été indiqués par divers auteurs ; et l'on exprime le

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, tome 2, page 68.

désir que je puisse trouver une occasion de signaler les droits antérieurs aux miens.

Je n'ai pas manqué de consulter les ouvrages qui m'étaient indiqués, avec le plus consciencieux désir de rendre justice à qui de droit : ces recherches m'ont permis, non-seulement d'apprécier la valeur de ces réclamations, mais encore de coordonner beaucoup de faits intéressants sur l'histoire de l'oxyde de carbone et sur les théories de la cémentation et des fourneaux à courant d'air forcé. Je regarde comme un devoir d'en présenter ici un résumé; j'espère d'ailleurs que, vu l'importance acquise aujourd'hui à l'oxyde de carbone et celle des arts qui emploient comme instrument essentiel les fourneaux à courant d'air forcé, ces recherches ne paraîtront pas dépourvues d'utilité.

Je n'ai pas pensé qu'il convînt d'engager ici une polémique sur la propriété des opinions qui font l'objet des deux précédents chapitres : ces sortes de discussions n'ont qu'un médiocre intérêt scientifique, parce qu'il importe beaucoup plus au public de connaître la vérité que de savoir à qui il en est redevable. Lorsqu'une idée est produite dans la forme où elle fait faire à la science un pas décisif, il est rare que le germe de cette idée n'ait pas été déposé plusieurs fois, bien que d'une manière improductive, dans le domaine de la science. En pareil cas, il n'appartient guère aux parties intéressées de décider à qui doit revenir l'honneur de la production : c'est le public savant qui seul a qualité pour trancher de pareilles questions. Je me suis donc borné autant que possible, dans ce dernier chapitre, à un simple exposé des faits, et je me suis particulièrement appliqué à citer textuellement toutes les opinions qui, ayant

à ma connaissance avant mon premier mémoire, m'ont paru avoir une analogie plus ou moins directe avec celles que j'ai émises.

36. Histoire de l'oxyde de carbone.

L'oxyde de carbone a été nécessairement observé dès l'époque où l'on a commencé à faire usage des fourneaux à courant d'air forcé, c'est-à-dire depuis une haute antiquité. Ce gaz a dû en effet se manifester, par la flamme vive qu'il produit en brûlant, dès qu'on a été dans le cas de projeter un courant d'air au milieu d'une masse de charbons embrasés. Selon toute probabilité, on trouverait, en parcourant les écrits des anciens chimistes, que la propriété la plus saillante de ce gaz, celle d'être combustible, a été plusieurs fois signalée; ce qui est certain toutefois, c'est que son existence scientifique ne date que d'une époque très-récente.

La découverte de l'oxyde de carbone eut pour origine la lutte que l'illustre docteur Priestley engagea, dans la dernière année de sa vie, pour défendre, contre l'école de Lavoisier, la doctrine du phlogistique. Cherchant à mettre en défaut la théorie que les chimistes français propageaient alors avec tant d'éclat et de succès, Priestley fit connaître un fait jusque-là inaperçu, et le signala au monde savant comme inexplicable au point de vue admis par Lavoisier, sur la nature chimique de l'oxygène, du carbone et de l'acide carbonique.

Dès l'année 1796, Priestley annonça (1), parmi

(1) Réflexions sur la doctrine du phlogistique et sur la décomposition de l'eau, par Joseph Priestley. Northumberland (Etats-Unis d'Amérique), 18 juin 1796.—Ouvrage cité, Annales de chimie, tome 26, page 302.

beaucoup d'autres faits contraires, selon lui, à la théorie nouvelle, qu'un mélange intime de charbon et de battitures (oxyde magnétique de fer obtenu dans les forges), chauffé dans une cornue, produit un mélange d'acide carbonique et *d'un gaz inflammable.*

Le chimiste français Adet publia (1), au commencement de 1798, une traduction française de cet ouvrage, et y joignit une réfutation dans laquelle il répondit avec succès, au nom de la nouvelle école, à la plupart des objections de Priestley; mais il ne fut pas aussi heureux en essayant d'expliquer la production du gaz inflammable dans la réduction des battitures par le charbon : il affirma que le gaz observé n'était autre chose que celui qui se dégage du charbon de bois, calciné seul en vase clos, et il en conclut que sa présence était naturelle dans l'acide carbonique produit par la réaction du charbon sur l'oxyde de fer.

Priestley ne se tint pas pour battu par cette réponse; il recommença ses expériences, annonça de nouveau (2) que le gaz inflammable est un produit essentiel de la réaction du charbon sur les battitures, et motiva cette conclusion sur ce fait que du charbon et des battitures, calcinés isolé-

---

(1) *Même ouvrage*, traduit de l'anglais et suivi d'une réponse, par P. Adet. Paris, chez Guillaume, rue de l'Éperon, 8. — Berthollet et Fourcroy firent un rapport sur cet ouvrage d'Adet, à la classe des sciences physiques et mathématiques, en mars 1798.

(2) Preuves de la doctrine du phlogistique et de la composition de l'eau, par Joseph Priestley.— Publiées aux États-Unis d'Amérique, au commencement de l'année 1800. — Cité, Bibliothèque Britannique (sciences et arts), tome 17, page 131.

ment jusqu'au point de ne donner aucune substance gazeuse, produisent beaucoup de gaz inflammable lorsqu'on les chauffe mélangés l'un avec l'autre.

J. Woodhouse, professeur de chimie à l'université de Philadelphie, répéta les expériences de Priestley et en confirma l'exactitude : il observa que le gaz inflammable se produit également lorsqu'on fait réagir le charbon, préalablement calciné, sur les oxydes de zinc, de cuivre, de plomb, de manganèse et de bismuth : toutefois la véritable cause du phénomène si bien mis en lumière par Priestley, lui resta inconnue. Dans le dernier des deux mémoires (1) qu'il consacra à la description de ces expériences, Woodhouse présenta comme conclusion une sorte de terme moyen entre l'ancienne et la nouvelle théorie. Il attribua la production du gaz inflammable à la réaction du charbon sur l'eau qui, dans l'opinion de Priestley, faisait partie constituante des oxydes métalliques ; mais comme il avait observé que les oxydes métalliques, en réagissant sur le charbon, produisent plus d'acide carbonique que ne fait l'eau dans les mêmes circonstances, il admit aussi, contrairement à l'opinion de Priestley, que les oxydes contenaient, outre l'eau constituante, une certaine quantité d'oxygène en excès.

Cruikshank de Woolwich répéta également, en Angleterre, les dernières expériences de Priestley; mais il en donna enfin l'explication dans l'important

---

(1) Observations on certain objections of Dr Joseph Priestley to the antiphlogistic system of chymistry, by James Woodhouse. Philadelphia, Medical Repository, v. IV, n° 2. — Cité, Annales de chimie, tome 38, page 285.

mémoire (1) qu'il publia au commencement de l'année 1801. Il prouva que le gaz découvert par Priestley différait essentiellement du gaz inflammable produit par la distillation du charbon ou par la réaction de l'eau sur ce dernier corps; que c'était un composé d'oxygène et de carbone moins riche en oxygène que l'acide carbonique, et que, par conséquent, sa production, dans les circonstances indiquées par Priestley, s'expliquait tout naturellement par la nouvelle théorie.

De leur côté, les chimistes français Clément et Désormes, en vérifiant les faits annoncés dans le mémoire de Woodhouse, furent conduits aux mêmes résultats que Cruikshank. La vraie nature du gaz inflammable fut signalée pour la première fois, en France, par le rapport que Guyton présenta à l'Institut, le 13 juin 1801, sur la découverte de ces deux chimistes (2). Dans leur mémoire qui fut publié peu de temps après (3), MM. Clément et Désormes firent connaître la plupart des propriétés du nouveau gaz, et le nommèrent oxyde de carbone.

Il importe de mentionner ici qu'on trouve dans ce mémoire une vague indication des propriétés réductives de l'oxyde de carbone, dans le passage

(1) Observations sur les différentes combinaisons de l'oxygène avec le carbone, en réponse à quelques-unes des dernières objections du docteur Priestley contre le nouveau système de chimie, par Cruikshank de Woolwich. — Nicholson's Journal, cahier d'avril 1801.

(2) Annales de chimie, tome 38, page 287.

(3) Mémoire sur la réduction de l'oxyde blanc de zinc par le charbon, et sur le gaz oxyde de carbone qui s'en dégage, par les citoyens Désormes et Clément. Annales de chimie, tome 39, page 26.

suivant (1) : « Le mercure volatilisé en contact avec le gaz (oxyde de carbone) n'a rien produit; de l'oxyde rouge légèrement chauffé a été un peu réduit. » Je n'ai pas trouvé d'ailleurs que, dans leurs travaux postérieurs sur le même gaz, MM. Clément et Désormes soient revenus d'une manière plus explicite sur cette propriété.

Ces expériences, qui tournaient à l'avantage de la théorie nouvelle la seule objection réelle de ses adversaires, levèrent tous les doutes qui pouvaient encore exister sur la véritable nature des oxydes métalliques; en sorte qu'il est vrai de dire que la découverte simultanée du gaz oxyde de carbone en Angleterre et en France mit décidément fin à la lutte entre les anciennes et les nouvelles idées.

Cependant les discussions suscitées par la découverte du nouveau gaz ne tardèrent pas à se renouveler sur un autre terrain entre les chimistes de la nouvelle école : ces nouveaux débats, dont j'ai déjà signalé la cause en parlant de la théorie de la carburation du fer, furent longtemps entretenus par la difficulté de préparer par voie sèche de l'oxyde de carbone absolument exempt d'un mélange d'hydrogène.

Dès le 22 juin 1801, Berthollet cherche à établir dans un mémoire lu devant l'Institut, que le nouveau gaz contient de l'hydrogène à l'état de combinaison : il développe encore la même opinion dans une lettre datée d'octobre 1801 (2), adressée

(1) *Même mémoire*, page 61.

(2) Bibliothèque Britannique (sciences et arts), tome 18, page 265.

à l'un des rédacteurs de la *Bibliothèque Britannique*.

Une société de chimistes hollandais va encore plus loin dans cette opposition à l'opinion émise par Cruikshank, et par Clément et Désormes. Dans un mémoire publié en février 1802 (1), ces chimistes avancent que le nouveau gaz inflammable ne contient pas d'oxygène, et qu'il se compose uniquement d'hydrogène et de carbone.

En avril 1802, Clément et Désormes répondent à ces objections (2) en démontrant que la quantité d'hydrogène que l'on peut trouver dans le gaz oxyde de carbone est beaucoup moins considérable que ne l'indique Berthollet, et qu'on la doit regarder comme négligeable; que cette trace de gaz hydrogène est accidentelle, et due à la présence habituelle de ce gaz dans le charbon le mieux calciné. Berthollet réplique aussitôt pour maintenir son opinion (3) : ignorant encore, ainsi que ses adversaires, que la production de l'oxyde de carbone est accompagnée d'une expansion des matières gazeuses, il tire son principal argument de ce fait que le carbone, en se dissolvant dans l'oxygène seul, ne peut produire un gaz moins dense que ce dernier.

Fourcroy, en insérant dans les *Annales de*

---

(1) Journal de physique et de chimie, de Van Mons. Février 1802. — Le même mémoire fut adressé plus tard à Fourcroy, qui l'inséra dans les Annales de chimie, tome 43, page 113.

(2) Expériences sur le charbon, par les citoyens Clément et Désormes. — Annales de chimie, tome 42, page 121.

(3) Note sur le mémoire des citoyens Clément et Désormes intitulé : Expériences sur le charbon ; par le citoyen Berthollet. Annales de chimie, tome 42, page 282.

Chimie le mémoire des chimistes hollandais, intervient dans la discussion (1) : il réfute en peu de mots les arguments des chimistes hollandais, et annonce que des recherches faites en commun avec Vauquelin et Thénard mettent hors de doute que le nouveau gaz n'est point un hydrogène carboné.

Cette discussion a une véritable importance métallurgique, et vient à l'appui de réflexions que j'ai émises précédemment en traitant de la carburation au fer, en ce qu'elle prouve la difficulté de préparer, par voie sèche, de l'oxyde de carbone absolument exempt d'hydrogène; il paraît, d'ailleurs, qu'elle s'apaisa peu à peu sans que les adversaires de l'oxyde de carbone reconnussent formellement leur erreur. Berthollet reproduisit en 1803 (2), dans sa Statique chimique, l'opinion que ce gaz est un hydrogène oxy-carburé : il n'y avait même pas encore renoncé en 1809 (3). Dans son *Système de Chimie*, publié en 1817 (4), M. Thomson, après avoir rappelé sommairement les débats dont ce gaz avait été l'objet, termine cet exposé par la réflexion suivante :

« Mais l'opinion de Cruikshank gagna peu à

---

(1) Remarques du citoyen Fourcroy sur le mémoire des chimistes hollandais.—Annales de chimie, tome 43, page 132.

(2) Essai de statique chimique; par C. L. Berthollet. — Tome 2, page 63.

(3) Nouvelles observations sur les gaz inflammables désignés par les noms d'hydrogène carboné et d'hydrogène oxycarburé; par Berthollet. — Mémoires de physique et de chimie de la société d'Arcueil, tome 2, page 86.

(4) Système de chimie; par Th. Thomson. 5e édition de 1817. — Traduction française, par Riffaut. Tome 2, page 26.

» peu, principalement par suite des expériences » de Dalton et de ce qu'il publia à ce sujet; » aujourd'hui cette opinion semble pleinement » établie. »

Plus loin (1) Thomson complète l'énumération des propriétés physiques et chimiques de l'oxyde de carbone, par le paragraphe suivant :

« Il ne résulte d'aucune des expériences faites » jusqu'à ce jour que le gaz oxyde de carbone ait » de l'action sur les métaux (autres que le potassium et le sodium). Mais Clément et Désormes » assurent qu'en faisant passer le gaz chaud sur » de l'oxyde rouge de mercure, il produit un » commencement de réduction. Il est en effet » *très-vraisemblable* qu'on lui *reconnaîtra* la faculté de réduire plusieurs oxydes métalliques, » spécialement ceux qui cèdent facilement leur » oxygène. »

M. Thénard, qui a résumé d'une manière si méthodique, dans les nombreuses éditions de son Traité, l'état des connaissances chimiques à diverses époques, développant l'idée que M. Thomson me paraît avoir émise le premier, et que je n'ai retrouvée dans aucun autre ouvrage, s'exprime ainsi dans les deux paragraphes consacrés aux réactions des oxydes non métalliques sur les oxydes de même nature et sur les oxydes métalliques.

« . . . . . . On ignore si le gaz oxyde de carbone » est capable d'agir sur l'oxyde de phosphore; mais » l'on peut regarder comme certain qu'à l'aide de » la chaleur, le gaz oxyde de carbone et l'oxyde » de phosphore ont la propriété de décomposer

(1) *Même ouvrage*. Tome 2, page 30.

» les oxydes d'azote et de chlore, d'en absorber
» l'oxygène et d'en mettre les radicaux en li-
» berté... (1). »

« Le gaz oxyde de carbone n'a d'action sur aucun
» oxyde métallique à la température ordinaire; il
» ne se combine avec aucun à une température
» quelconque; mais il en désoxyde un grand
» nombre en tout ou en partie, à une tempéra-
» ture élevée, et passe à l'état d'acide carbonique.
» En général, il décompose les oxydes qui, traités
» par le charbon, cèdent assez d'oxygène à ce corps
» combustible pour le rendre acide. La raison en
» est simple : c'est que l'acide carbonique pouvant
» être regardé comme un composé d'oxyde de
» carbone et d'oxygène, il est évident que toutes
» les fois que le charbon décomposera un oxyde
» de manière à passer à l'état carbonique, l'oxyde
» de carbone aura *probablement* aussi cette pro-
» priété. Cependant nous devons dire que l'oxyde
» de carbone étant à l'état de gaz, il arrivera peut-
» être que dans quelques circonstances, *à cause de*
» *son expansion, il n'aura pas d'action sur*
» *quelques oxydes capables d'être décomposés*
» *par le charbon* et de produire de l'acide carbo-
» nique (2). »

Dans deux mémoires publiés en 1824 et en 1835 (3), MM. W. C. Henry père et fils ont fait con-

(1) Traité de chimie élémentaire, 6[e] édition, 1834, tome 2, page 453.

(2) *Id.* 4[e] édition, 1824, tome 2, page 463. — *Id.*, — 6[e] édition, 1834, tome 2, page 480.

(3) On the action of finely-divided platinum on gaseous mixtures, and its application to their analysis.— Philosophical Magazine and Journal, tome 65, page 269 (1825); par M. Henry père.

Experiments on the action of metals in determining

naître plusieurs propriétés fort intéressantes que manifeste l'oxyde de carbone lorsqu'on le soumet, à diverses températures et en présence de certains gaz, à l'influence du platine en éponge ou en plaque. Espérant trouver dans ces phénomènes un moyen de faire l'analyse des mélanges d'hydrogène, d'hydrogène proto-carboné, de gaz oléfiant et d'oxyde de carbone que produit, par exemple, la distillation de la houille, MM. Henry répétèrent d'abord les expériences de Dobereiner, de Turner et de Faraday, sur la propriété que possèdent l'éponge et les plaques de platine d'accélérer la combinaison de certains gaz, et sur la propriété opposée en vertu de laquelle d'autres gaz, ajoutés au mélange gazeux sur lequel agit le platine, tendent à retarder la combinaison. Les résultats coordonnés ou découverts par MM. Henry peuvent se résumer dans les faits suivants :

1° L'oxygène mélangé en proportions convenables avec les gaz précédemment indiqués, commence à se combiner avec eux sous l'influence de l'éponge, dans les conditions suivantes : avec l'hydrogène, à la température ordinaire; avec l'oxyde de carbone, de 148° à 154° c.; avec le gaz oléfiant, à 249° c.; avec l'hydrogène proto-carboné, à 290° c. Le cyanogène ne commence à se combiner avec l'oxygène qu'à la température du ramollissement du verre.

2° Lorsqu'on ajoute au mélange d'hydrogène et d'oxygène, dont l'éponge de platine déterminerait le mieux la combinaison à la température ordinaire, une certaine proportion de divers gaz,

---

gazeous combination. — Philos. Magaz. ; Nouvelle série, tome 6, page 354 (1835) ; par M. Henry fils.

on trouve que la combinaison est toujours retardée, mais d'une manière fort inégale, suivant la nature du gaz ajouté. Ainsi, on empêche toute combinaison en ajoutant à 1 vol. de mélange d'hydrogène et d'oxygène, 1/2 vol. d'oxyde de carbone, 1 vol. de cyanogène ou 1 vol. 1/2 de gaz oléfiant; tandis que la combinaison du même mélange n'est point totalement suspendue par 6 vol. d'acide nitrique; 10 vol. d'ammoniaque, d'hydrogène proto-carboné et d'oxygène; plus de 10 vol. d'hydrogène et d'azote.

MM. Henry concluent de ces faits que l'action retardatrice de ces derniers gaz ne peut être seulement attribuée à une action mécanique ou physique, comme l'ont indiqué Turner et Faraday. Remarquant que l'oxyde de carbone, dont l'influence est la plus prononcée, est également le gaz qui, après l'hydrogène, se combine avec l'oxygène, sous l'influence de l'éponge, à la température la *plus basse*, ils admettent que ce gaz retarde surtout *la* combinaison en balançant par son affinité pour l'oxygène l'affinité de l'hydrogène pour le même gaz. Sans se dissimuler que les faits relatifs au cyanogène et à l'hydrogène proto-carboné, ne permettent pas d'affirmer que l'action retardatrice de chaque gaz est en raison de l'affinité qu'il a pour l'oxygène, sous l'influence de l'éponge, MM. Henry font observer que cette explication est du moins très-plausible en ce qui concerne l'oxyde de carbone. Ils prouvent d'ailleurs que ce gaz, sous l'influence du platine, a plus d'affinité pour l'oxygène que n'en a l'hydrogène lui-même. Ainsi, en chauffant graduellement jusqu'à 171° c. un mélange de 2 vol. d'hydrogène et de 2 vol. d'oxyde de carbone avec la quantité d'oxygène nécessaire pour saturer seulement l'un

d'eux, c'est-à-dire, avec 1 vol. d'oxygène, on trouve que les quatre cinquièmes de l'oxygène se combinent avec l'oxyde de carbone, tandis que l'hydrogène ne se combine qu'avec l'autre cinquième.

MM. Henry ajoutent toutefois que cette affinité prépondérante de l'oxyde de carbone ne se manifeste que sous l'influence de l'éponge de platine à de basses températures, mais qu'on observe des faits exactement opposés quand on répète la même expérience hors de cette influence et dans les conditions ordinaires. Ainsi, lorsque le même mélange d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène est chauffé sans intervention de platine jusqu'à la température du ramollissement du verre, on trouve que les 3/5 de l'oxygène se combinent avec l'hydrogène, tandis que l'oxyde de carbone se combine aux deux autres cinquièmes (1).

37. Rectification d'une erreur concernant l'oxyde de carbone.

L'auteur d'un mémoire inséré dans les Annales des Mines, deux ans et demi après la publication de mon premier mémoire, a présenté sur l'oxyde de carbone quelques indications historiques qui sont loin d'être conformes aux faits que je viens de rappeler : entre autres assertions, on trouve dans son exposé la phrase suivante que n'appuie aucune autre citation (2) :

---

(1) At high temperatures, then, the attraction of hydrogen for oxygen appears to exceed that of carbonic oxide for oxygen..... Mémoire déjà cité. — Philosophical Magazine and Journal, tome 65, page 278.

(2) Recherches sur la réduction des minerais de fer. — Annales des mines, 3[e] série, tome 13, page 717. Année 1838.

« M. Henry, de Manchester, a fait voir, il y » a plusieurs années, que son action réductive » (celle de l'oxyde de carbone sur les oxydes » métalliques) est même plus forte que celle du » gaz hydrogène. »

Une pareille découverte devait attribuer de droit, à MM. Henry, l'honneur des premières expériences constatant les propriétés réductives de l'oxyde de carbone; je me suis donc empressé de parcourir les journaux scientifiques de la Grande-Bretagne, où ces expériences pouvaient être décrites; mais j'ai été fort étonné de ne trouver dans les ouvrages qui publient ou reproduisent ordinairement les travaux de MM. Henry, aucun mémoire qui eût rapport à cette importante question. J'ai dû en conséquence m'adresser à M. Henry fils pour lui demander des éclaircissements sur les recherches que M. Henry père, ou lui-même, ou enfin d'autres savants anglais, auraient publiées à ce sujet. Je n'ai pas été moins surpris en apprenant, par la bienveillante réponse que m'a adressée M. Henry, que ni son père ni lui n'avaient jamais rien publié concernant l'action réductive de l'oxyde de carbone sur les oxydes métalliques; qu'il n'était pas d'ailleurs à sa connaissance que le fait indiqué ci-dessus eût été signalé par aucun autre savant anglais.

Je crois donc être fondé à affirmer que le fait en question n'a pu être indiqué que par erreur dans le mémoire que je viens de citer.

38. Résumé sur l'histoire de l'oxyde de carbone.

En résumé, sauf l'expérience incomplète de MM. Clément et Désormes sur un oxyde réductible par la seule influence de la chaleur, aucune recherche spéciale n'avait été faite à ma connaissance

sur les propriétés réductives de l'oxyde de carbone, à l'époque où M. Laurent et moi publiâmes le résultat de nos expériences. Si les chimistes ne s'étaient pas appliqués plus tôt à constater directement les propriétés que ce gaz devait probablement posséder, ainsi que M. Thomson et surtout M. Thénard l'avaient explicitement indiqué; si l'oxyde de carbone restait placé sous ce rapport au même niveau que les oxydes de phosphore et de sélénium, c'est qu'on n'avait pas même entrevu l'importance de ses propriétés. Pour faire apprécier la vérité de cette assertion, il suffit de remarquer que jusqu'en 1836 l'oxyde de carbone n'a jamais été cité au nombre des agents réductifs, même dans les traités spéciaux de chimie métallurgique. Ainsi, dans son Traité des essais par la voie sèche, publié en 1834, M. Berthier ne cite ni directement ni indirectement l'oxyde de carbone comme agent réductif; il l'exclut au contraire formellement en présentant la liste suivante des agents réductifs dont la chimie peut disposer (1).

« *Réductifs*. On appelle ainsi les substances » qui sont susceptibles d'enlever l'oxygène à un » grand nombre de combinaisons. Les réductifs » employés dans la voie sèche sont : 1° le gaz » hydrogène; 2° le charbon; 3° les huiles grasses, » le suif et la résine; 4° le sucre, l'amidon et les » gommes; 5° l'acide tartrique; 6° l'*acide oxa-* » *lique*; 7° le fer et le plomb métalliques. »

L'auteur qui, à ma connaissance, a le premier appelé l'attention des savants sur les circonstances remarquables de la réduction des corps oxydés 39. Histoire des théories relatives à la cémentation des oxydes.

(1) Traité des essais par la voie sèche. Tome 1er, page 350.

sous l'influence du carbone, est M. David Mushet, de Coleford (1), celui de tous les savants anglais qui s'est le plus spécialement adonné aux études métallurgiques. Plus tard, Collet Descostils présenta quelques vues sur le même sujet (2). Remarquant, comme l'avait fait M. D. Mushet, que l'oxyde de fer, en fragments d'un volume notable, est complétement amené à l'état métallique sous l'influence du carbone, il compara ce phénomène à celui que présentent des barres de fer chauffées en présence du même agent, et le caractérisa également par le nom de cémentation, en y attachant d'ailleurs, d'une manière explicite, l'idée d'une influence due au contact des solides.

M. Berthier est, à ma connaissance, l'auteur qui a traité cette question avec le plus de détail, et qui a le mieux mis en évidence les circonstances singulières que présente la cémentation des oxydes sous l'influence du carbone. A l'occasion de ses travaux sur les battitures (3), M. Berthier reproduisit, en les développant, les expériences de Mushet et de Descostils. Admettant comme ce dernier que les phénomènes observés sont dus au contact du carbone solide, M. Berthier fait justement remarquer qu'il est impossible de concevoir comment l'oxyde de fer peut être réduit par cette influence au centre des fragments, c'est-à-dire à

(1) Il est rendu compte des travaux de M. D. Mushet dans les Annales des arts et manufactures. Tome 11, page 232 (1802).

(2) Nouvelles observations sur le fer spathique, par M. Collet-Descostils. — Journal des mines. Tome 21, page 289 (1807).

(3) Sur les battitures de fer, par M. P. Berthier. — Annales des mines, 1re série, tome 10, page 120 (1825).

une distance de plusieurs centimètres de l'agent réductif; il émet à l'appui de cette pensée les observations que j'ai citées textuellement dans l'introduction de ce mémoire (voir § 2), et qu'il a reproduites mot pour mot neuf ans plus tard, dans son Traité des essais par la voie sèche (1).

Une circonstance digne de remarque, et qui prouve combien les savants étaient alors peu disposés à admettre l'intervention des gaz dans les phénomènes métallurgiques, est qu'en terminant le même mémoire, M. Berthier signale, comme également inexplicable, la formation des battitures à la surface des barres de fer. A la suite du paragraphe cité, concernant la cémentation des oxydes, on lit en effet les réflexions suivantes :

« La formation des battitures à la surface du fer » est tout aussi inexplicable que la réduction » des oxydes par cémentation. L'oxydation du » fer chaud par l'air se propage graduellement, » car on remarque que la croûte des battitures » est beaucoup plus épaisse sur les morceaux qui » exigent un long temps pour s'échauffer, à » cause de leur volume, que sur les barres minces » ou sur les feuilles qui s'échauffent beaucoup plus » vite : or, dès qu'il s'est produit une certaine » quantité d'oxyde, le fer en est recouvert comme » par un vernis, et n'a plus le contact de l'air. » Il faut donc qu'il en attire l'oxygène à travers » l'oxyde, tout comme les oxydes attirent le » charbon à travers le fer métallique. »

La théorie de la cémentation des oxydes en était à ce point, lorsque je fus conduit à présenter 37. Théorie nouvelle de la cémentation émise dès 1830.

(1) Tome 1er, pag. 36.

des vues toutes nouvelles sur la réduction des oxydes dans une enceinte fermée en présence du carbone. En visitant en 1829, avec mon ami M. J. Reynaud, les usines à zinc du nord de l'Allemagne, où l'on prépare ce métal en chauffant en vase clos un mélange d'oxyde de zinc et d'escarbilles de coke, je remarquai avec étonnement que l'on regardait comme une circonstance indifférente au succès de l'opération l'intimité plus ou moins grande du mélange entre ces deux réactifs solides. Des expériences décisives, faites sur ma demande dans l'usine d'Iserlohn (Westphalie), ne me permettant pas de douter de ce fait si évidemment contraire aux idées reçues, je fus amené à voir sous un jour tout nouveau la théorie de la réduction de l'oxyde de zinc, et à penser que l'oxyde de carbone, qu'on regardait jusque-là comme un des résidus inutiles de l'opération, en était au contraire l'agent par excellence. J'exposai ces nouvelles idées dans un mémoire que le conseil de l'école des mines m'avait chargé de rédiger sur la fabrication du zinc, et qui, depuis le mois de février 1830, est déposé sous le n° 25 à la bibliothèque de l'école des mines et mis à la disposition du public. Après y avoir indiqué, comme je l'ai fait dans le présent mémoire, que, d'une part, l'oxyde de carbone passe à l'état d'acide carbonique en réagissant en vase clos sur l'oxyde de zinc, et que, d'un autre côté, cet agent gazeux réductif est sans cesse régénéré par le contact mutuel de l'acide carbonique et du charbon en excès, j'ajoutais textuellement :

« Il résulte de cette manière de voir que l'at-
» mosphère d'oxyde de carbone qui baigne toutes

» les substances contenues dans la cornue, est le » véhicule qui sert à porter sur le charbon l'oxy- » gène de l'oxyde de zinc. Si cette théorie est » juste, il en résulterait que deux masses séparées » de charbon et d'oxyde de zinc, placées dans une » enceinte fermée mais pouvant donner issue aux » gaz, réagiraient l'une sur l'autre de telle manière » que ces deux masses se volatiliseraient entière- » ment si elles étaient l'équivalent l'une de l'autre, » et si l'enceinte primitivement remplie d'acide » carbonique ou d'oxyde de carbone était expo- » sée à la température à laquelle l'acide carbo- » nique peut réagir sur le charbon. »

Cette théorie, qui m'avait été ainsi suggérée par l'étude d'un phénomène métallurgique, m'ouvrait un vaste champ d'expériences: je commençai d'abord par vérifier le fait curieux de la réduction de l'oxyde de zinc sans contact de charbon, tel que me l'avait indiqué la théorie nouvelle; encouragé par le succès que j'obtins, je prévis dès lors qu'on pourrait appliquer les mêmes principes à la cémentation des oxydes en général, et même des métaux, en présence du charbon. Mais les recherches que je commençai à ce sujet furent interrompues pendant longtemps par les suites d'une grave blessure, puis par de nouveaux devoirs. Toutefois, divers voyages métallurgiques, entrepris de 1833 à 1835 en Espagne, en France, en Belgique et en Allemagne, me fournirent de nombreuses occasions de vérifier et de développer les vues théoriques que j'avais déjà émises. Je pus enfin, en janvier 1836, baser sur ces observations une théorie générale de la cémentation des oxydes, qui a eu l'assentiment général, à laquelle aucune objection n'a été faite, et qui a répondu, ce me

semble, d'une manière complète à l'appel que divers savants, et notamment M. Berthier dans son Traité des essais (1), avaient fait peu de temps auparavant au zèle investigateur des chimistes. Cette théorie est celle que j'ai exposée dans le chapitre 1[er] de ce mémoire. Il n'est pas d'ailleurs à ma connaissance que la découverte de cette théorie m'ait été contestée par personne.

40. Histoire des théories relatives aux fourneaux à courant d'air forcé.

On conçoit aisément, en lisant le deuxième chapitre de ce mémoire, qu'il était impossible d'arriver à la théorie des fourneaux à courant d'air forcé tant que les principes qui servent de base à cette théorie n'avaient point encore été démontrés, et surtout tant que les métallurgistes persévéraient à fonder leurs vues théoriques sur des principes inexacts. En parcourant tous les écrits spéciaux de métallurgie qui, à ma connaissance, *ont* été publiés depuis quarante ans, j'ai trouvé que les auteurs avaient toujours été éloignés de la véritable théorie par les idées suivantes, admises pour ainsi dire comme des axiomes et exactement contraires à celles qui, je l'espère, seront dorénavant adoptées : 1° les corps oxydés se réduisent, dans les fourneaux à courant d'air forcé, par cémentation, c'est-à-dire par une cause inconnue résultant du contact de ces corps avec le carbone solide; 2° l'air atmosphérique réagit très-difficilement sur le charbon; il pénètre jusqu'à la partie supérieure des fourneaux les plus élevés sans être complétement dépouillé d'oxygène libre, et, par là, il contrarie l'action du carbone solide. Quelques

(1) Tome 1[er], page 36.

auteurs ont tenu compte de la présence des gaz combustibles (oxyde de carbone, hydrogène, hydrogène carboné) que le charbon dégage par distillation dans la partie supérieure des fourneaux; ils admettent d'ailleurs que ces gaz ne subsistent qu'à partir du niveau où il n'y a plus dans le gaz ascendant assez d'oxygène libre pour les brûler, et que leur influence réductive n'est que secondaire, par comparaison à l'influence du carbone solide.

Je ne pourrais présenter ici une analyse de tous les travaux qui peuvent faire apprécier l'état où se trouve, depuis quarante ans, la théorie des fourneaux à courant d'air forcé : je me bornerai donc d'abord à faire droit aux réclamations qui m'ont été adressées, et à signaler les faits que mes propres recherches m'ont fait découvrir, en citant textuellement les idées émises avant 1836, et qui renfermaient le germe plus ou moins développé de la nouvelle théorie; je caractériserai ensuite par des citations textuelles empruntées aux auteurs qui font autorité dans la science, l'état où était la théorie des fourneaux à courant d'air forcé à la fin de l'année 1835.

Le phénomène par lequel un observateur attentif pouvait être le plus sûrement conduit à la véritable théorie des fourneaux à courant d'air forcé, est sans contredit l'existence d'un fort courant de gaz combustible sortant de l'orifice supérieur de tous ces fourneaux et pouvant être enflammé par l'approche d'un corps embrasé, lorsqu'il ne l'est pas naturellement en vertu de la chaleur propre conservée par le courant gazeux. Cette circonstance a dû frapper souvent l'attention des praticiens; souvent aussi, sans doute, ces derniers auront su la mettre à profit. Je n'ai pas trouvé ce-

pendant que ce fait important ait été mentionné par les anciens métallurgistes. M. Berthier a donc rendu service à la science en traitant ce sujet pour la première fois en 1814(1), à l'occasion de l'emploi ingénieux que M. Aubertot était parvenu à faire des flammes sortant des hauts-fourneaux à fonte de fer et des feux d'affinerie. Toutefois, dans ce mémoire, où l'attention de l'auteur était naturellement portée sur la production et les effets du courant gazeux qui traverse les fourneaux, on ne trouve que le passage suivant qui ait rapport à la question que je traite : en parlant des gaz qui sortent du gueulard des hauts-fourneaux, l'auteur s'exprime ainsi :

« On sait que ces gaz ordinairement transpa-
» rents et incolores, et qu'on avait crus pendant
» longtemps ne contenir que de l'eau et de l'acide
» carbonique, sont en grande partie composés
» d'oxyde de carbone et d'*hydrogène carboné*,
» et par conséquent éminemment combustibles.
» Ils se forment au milieu des charbons embrasés
» que traversent les courants incandescents lors-
» que ceux-ci ne contiennent plus *assez d'air*
» pour opérer la combustion. »

Le même mémoire ne contient d'ailleurs aucune indication de la pensée que ces gaz puissent contribuer à réduire le minerai de fer, ou même exercer dans les fourneaux aucune action chimique.

L'idée capitale d'une formation d'oxyde de

(1) Sur plusieurs moyens imaginés pour employer la flamme perdue des hauts-fourneaux, etc.; par M. P. Berthier, ingénieur des mines.— Journal des mines, tome 35, page 375 (1814).

carbone dans les hauts-fourneaux, non pas seulement par la distillation du charbon de bois dans la partie supérieure de l'appareil, mais bien par la réaction mutuelle de l'oxygène atmosphérique et de la partie fixe de charbon, se trouve émise pour la première fois en 1822 par M. Élie de Beaumont (1); on lit, en effet, dans son mémoire, le passage suivant :

« L'oxygène contenu dans le minerai et celui » que lancent les soufflets ne sont pas tout à fait » suffisants pour brûler un poids de carbone égal » à celui du charbon consumé, même en diminuant celui-ci de 0,02 pour avoir égard aux » cendres qu'il contient; cela tient, 1° à ce qu'il » contient un peu d'eau, ce qui, à la vérité, peut » être en partie balancé par l'hydrogène qu'il contient aussi et qui absorbe plus d'oxygène qu'un » poids égal de carbone; 2° à ce qu'il n'est pas » entièrement converti en acide carbonique : aussi, » à mesure qu'on avance, la différence entre le » charbon employé et le carbone qui devrait être » brûlé, augmente, parce que le fourneau s'échauffant de plus en plus, *il se forme plus d'oxyde* » *de carbone*. »

M. Berzélius, en décrivant sommairement dans son Traité de Chimie la fabrication de la fonte de fer, présente les réflexions suivantes :

« Pour entretenir d'une manière avantageuse la » marche de l'opération (du haut-fourneau), il faut » plus d'expérience que de connaissances théoriques ; car, par ces dernières, on n'a encore rien

(1) Notice sur les mines de fer et les forges de Framont et de Rothau ; par M. L. Élie de Beaumont. — Annales des mines, 1re série, tome 7, page 547.

» pu déterminer *à priori*. D'après les expériences
» que Sefstrom vient de faire, la réduction du
» fer s'opère déjà par le gaz oxyde carbonique,
» près de la sortie de ce gaz par l'ouverture su-
» périeure du haut-fourneau (1). »

Cette simple citation donne une idée avantageuse de la justesse du point de vue de M. Sefstrom sur la théorie du haut-fourneau ; en signalant seulement l'oxyde de carbone comme gaz réductif, et en n'y associant pas l'hydrogène pur ou carboné, M. Sefstrom semble négliger les gaz de la distillation du charbon pour attribuer, comme on doit le faire, l'influence dominante au gaz produit par l'oxygène atmosphérique sur la partie fixe du charbon. Toutefois, une idée aussi importante, si en effet elle était dans la pensée de M. Sefstrom, n'aurait pu faire renoncer à la théorie du contact des solides, si enracinée chez les métallurgistes, que si elle eût été produite plus *explicitement* que dans la phrase citée. Je n'ai pu savoir du reste en quoi consistent les expériences signalées par M. Berzélius ; j'ignore également si M. Sefstrom en a publié les résultats. Je regrette donc de ne pouvoir rendre plus ample justice aux travaux d'un savant auquel la métallurgie est déjà redevable de tant de faits importants. J'ai d'ailleurs vainement cherché de plus amples détails à ce sujet dans l'ouvrage de M. Berzélius : il est remarquable en outre que cet illustre auteur ne mentionne pas, même d'une manière indirecte, les propriétés réductives de l'oxyde de carbone dans le reste de son ouvrage. Ainsi, j'ai

(1) Traité de chimie, par J.-J. Berzélius ; traduction française, par Mme Esslinger. Tome 3, page 239. Paris, 1831.

inutilement cherché cette indication dans le paragraphe consacré à la description des propriétés de l'oxyde de carbone (1); dans celui où l'auteur traite de la réduction des oxydes métalliques par le charbon, bien que l'oxyde de carbone soit explicitement signalé comme le principal *produit* de la réduction (2); enfin, dans l'article spécial consacré à la réduction des corps oxydés en général, par divers agents chimiques (3).

M. J. Defontaine, administrateur de la société des hauts-fourneaux et forges de Couillet, près Charleroy (Belgique), m'a adressé, en mars 1836, une lettre dans laquelle il réclame pour M. Huart, ancien maître de forges, fondateur du bel établissement de Couillet, la conception d'une théorie des foyers pyrénéens, insérée sous forme de note dans une édition belge de la Chimie de Chaptal. M. Defontaine, ayant appris que M. Chevremont se fondait sur cette insertion pour réclamer la priorité des idées émises par moi-même en janvier 1836, conteste à M. Chevremont la propriété de la théorie émise dans ladite note; il reconnaît d'ailleurs que les idées de M. Huart diffèrent essentiellement des miennes. Il ne m'appartient pas de prononcer sur le point en litige entre MM. Defontaine et Chevremont; je n'ai ici qu'à remercier M. Defontaine de sa communication obligeante, et à citer l'ouvrage (4) où l'on pourra trouver la

---

(1) *Même ouvrage*, t. 2, pag. 98.
(2) *Id.* . . . . Tome 2, page 240.
(3) *Id.* . . . . Tome 8, page 310.
(4) Chimie appliquée aux arts, par M. J.-A. Chaptal, avec les notes et additions devenues nécessaires, par M. Guillery. Bruxelles, 1830. Un volume in-8° (voir la

théorie belge du foyer pyrénéen; je me fais en outre un plaisir de transcrire le passage suivant, où cette théorie s'écarte le moins de mes propres idées :

« Dans cette opération (celle des foyers pyré-
» néens), on ne doit avoir d'autre but que d'obtenir
» du fer; il ne faut pour cela qu'enlever l'oxygène
» à la mine, et ne laisser que la quantité de laitier
» nécessaire à la qualité du produit. On conçoit que
» tout le travail tend à ce but : on grille la mine aupa-
» ravant ou elle est grillée pendant l'opération, ce
» qui la dégage de l'humidité et des gaz qui pour-
» raient nuire. Elle éprouve en outre une dilata-
» tion qui facilite l'introduction des gaz carbonés
» qui cèdent leur carbone à l'oxygène de la mine,
» et s'échappent en oxyde de carbone ou en acide
» carbonique...... »

Mon ami, M. Cauchy, ingénieur en chef des mines à Namur, qui a bien voulu, à ma prière, s'enquérir des autres réclamations que mes travaux auraient pu faire naître en Belgique, me transmet la phrase suivante, copiée textuellement dans un ouvrage de M. de Koninck, publié à Liége en 1840 (1) :

« Aujourd'hui, l'on admet généralement que la
» réduction du fer dans les hauts-fourneaux se fait
» par l'oxyde carbonique. Cette théorie, dont M. Le
» Play s'est à tort constitué l'auteur, appartient de
» droit à mon estimable collègue M. Ad. Lesoinne,
» qui l'a émise et professée depuis 1825. »

note, page 135). — L'ouvrage, ainsi que l'extrait inséré dans le texte, m'ont été indiqués par M. Cauchy, ingénieur en chef des mines, à Namur, qui a eu l'obligeance de relever de sa main ces renseignements.

(1) Eléments de chimie inorganique; par M. de Koninck. Liége, 1840, page 260.

Je regarde comme un devoir de mentionner ici la réclamation de M. de Koninck; mais il me sera permis aussi, dans l'intérêt des bonnes relations scientifiques, d'exprimer le regret que cet auteur ait donné à sa réclamation une forme aussi tranchante. M. de Koninck ne peut connaître qu'un très-court extrait du travail que j'ai présenté à l'Institut en 1836; et ce motif seul aurait dû le dissuader de porter un jugement hasardé sur les idées fort complexes que j'ai émises à cette époque, et que j'ai reproduites dans le deuxième chapitre de ce mémoire. Pour faire accepter aux métallurgistes une théorie nouvelle, il ne suffisait pas, en effet, de signaler les propriétés réductives de l'oxyde de carbone, il fallait démontrer par des preuves suffisantes l'intervention nécessaire de cet agent : or, c'est dans ces preuves et dans les développements qu'elles entraînent que consiste essentiellement la nouvelle théorie des fourneaux à courant d'air forcé. En second lieu, lors même que M. de Koninck aurait eu le moyen de comparer ma théorie avec celle qu'a émise M. Lesoinne, et eût reconnu identité ou même supériorité dans celle de ce dernier, je ne le croirais pas encore fondé à me reprocher comme un tort d'avoir ignoré, comme je fais encore aujourd'hui, les idées de M. Lesoinne. Le public impartial trouvera peut-être que M. de Koninck a eu le double tort d'oublier les égards que les savants devraient toujours conserver les uns pour les autres, et d'omettre d'établir les droits de M. Lesoinne en citant l'ouvrage antérieur au 18 juin 1836, où cet auteur aurait émis ses idées sur la théorie des hauts-fourneaux. En ce qui me concerne, je serai d'autant plus empressé de signaler cet ouvrage, s'il existe, ainsi que les

idées théoriques de M. Lesoinne, que je trouverai par là une occasion de rendre justice à un ancien élève de l'École des Mines de Paris.

Je terminerai cet exposé par quelques citations qui rappelleront l'état des théories admises touchant la cémentation et les fourneaux à tuyères, dans les traités et les mémoires spéciaux publiés immédiatement avant la présentation de mon premier mémoire à l'Institut.

M. Marrot, dans un mémoire publié en 1835, sur les forges pyrénéennes de l'Ariége (1), déclare que la théorie de ces appareils est encore incomplète ; admettant cependant l'idée exclusive de la cémentation au contact, il se fonde sur les travaux de MM. Mushet, Descostils et Berthier, pour émettre sur ce sujet quelques conjectures qu'il ne présente que comme plus ou moins probables.

La découverte importante faite en 1831, par MM. Nielson, Mac-Intosh et Wilson, sur l'*emploi* de l'air chaud dans les usines à fer, et *dont les* résultats ont été appréciés en France, en 1833, par le beau travail de Dufrénoy (2), devait naturellement reporter d'une manière spéciale l'attention des métallurgistes sur l'intervention des gaz dans les hauts-fourneaux. En ce qui me concerne, ce sont surtout les résultats observés dans les usines, de 1833 à 1835, sur l'emploi de ce nouvel agent, qui m'ont amené à étendre aux fourneaux à tuyères la théorie que j'avais proposée, dès le commencement de 1830, pour les ateliers

(1) Mémoire sur le traitement des minerais de fer dans les forges catalanes du département de l'Ariége ; par M. Marrot, ingénieur des mines.—Ann. des mines, 3e série, t. 8, p. 461. Voir spécialement les pages 462 et 493.

(2) Annales des mines, 3e série, t. 4, page 431. 1833.

de cémentation proprement dits, où le charbon agit en vase clos sur les oxydes. Je constate ici que les divers auteurs qui ont abordé, jusqu'à 1836, la question théorique de l'air chaud, n'ont vu dans l'emploi de cet agent qu'un effet calorifique; qu'aucun d'eux n'a indiqué la pensée que l'oxygène atmosphérique préalablement échauffé, en réagissant plus vite sur le charbon, et se transformant plus vite en oxyde de carbone, a pour résultat principal d'abaisser le niveau inférieur de la zone réductive, et de diminuer d'autant l'étendue de la zone oxydante; que personne, en un mot, n'avait aperçu que l'emploi de l'air chaud est un nouveau moyen d'atteindre le but pour lequel sont essentiellement disposés tous les fourneaux à courant d'air forcé.

Le fait suivant prouve combien cette pensée s'éloignait du cercle des opinions admises à cette époque : c'est M. Berthier qui, à ma connaissance, a émis le premier, dès l'année 1834, l'idée, simple sans doute, mais fort importante, d'une combustion plus active obtenue sous l'influence de l'air chaud : cependant cet auteur n'en déduit nullement l'idée complémentaire, si naturelle dans la nouvelle théorie, d'une meilleure distribution des agents gazeux (1).

« Je pense, dit M. Berthier, que les phéno-
» mènes qui résultent de l'emploi de l'air chaud
» dépendent de ce que la combustion est plus ac-
» tive dans le creuset que quand le vent n'a pas été

(1) Note sur les produits du haut-fourneau de Plons, près Sargans; par M. P. Berthier. Annales des mines, 3e série, tome 6, page 467. 1834. — Voir la page 473, pour le paragraphe cité.

» préalablement échauffé, c'est-à-dire de ce que,
» *pour un même poids d'air, il y a plus d'oxygène*
» *absorbé dans le premier cas que dans le second.*
» Si cela est, on voit de suite qu'il faut moins
» d'air chaud que d'air froid pour brûler une
» même quantité de charbon dans le creuset, et
» que les gaz qui sortent de celui-ci, *étant très-*
» *appauvris en oxygène, ne doivent, en traver-*
» *sant la cuve, donner lieu qu'à une très-*
» *faible combustion*, quoiqu'ils se trouvent
» d'ailleurs portés à un degré de température fort
» élevé. Or, *l'épuisement de l'oxygène est un*
» *point fort essentiel, lorsque l'on veut obtenir*
» *une très-forte chaleur*; car, malheureusement,
» l'air renferme en proportion considérable une
» substance inerte, l'azote, dont on ne peut pas
» le débarrasser, substance qui n'a d'autre effet
» que de s'emparer en pure perte d'une portion
» du calorique développé par la combustion; *d'où*
» *il suit que, moins on consomme d'air et moins*
» *cette cause de refroidissement est grande.*

Enfin, la circonstance qui me paraît le plus propre à caractériser l'état où se trouvait en France la théorie des fourneaux à courant d'air forcé, à l'époque où je produisis mes propres idées, est la discussion qui s'éleva en 1835 sur cette question, entre M. Berthier, professeur de docimasie à l'école des Mines, et M. Guenyveau, qui occupait alors dans la même école la chaire de métallurgie (1). Dans le second des mémoires que je viens

(1) Voir les ouvrages et mémoires suivants : — 1° Nouveaux procédés pour fabriquer la fonte et le fer en barres; par M. Guenyveau; brochure publiée à Paris, chez Bachelier, en septembre 1835. — 2° Sur l'emploi des combustibles dans les hauts-fourneaux; par M. P. Berthier.

de citer, et qui a donné lieu à cette discussion, M. Berthier a émis des considérations très-détaillées sur les réactions qui se produisent dans les hauts-fourneaux. Ce travail n'a d'ailleurs précédé que de trois mois la publication de mon mémoire : on peut donc s'y reporter, pour juger de la direction où étaient encore engagées les idées des métallurgistes. On reconnaît qu'il est encore écrit sous l'influence exclusive des mêmes idées que j'ai signalées ci-dessus, comme ayant inspiré depuis quarante ans tous les travaux théoriques sur les fourneaux à courant d'air forcé. On y trouve énoncées de la manière la plus explicite les opinions suivantes : que le minerai de fer se réduit, pour la plus grande partie, par cémentation ; que la partie fixe du carbone ne concourt que par cette voie mystérieuse à la réduction ; que l'oxygène atmosphérique peut pénétrer jusque dans la cuve des hauts-fourneaux à l'état de liberté ; qu'il y peut alors brûler de préférence les vapeurs combustibles que les combustibles non complétement carbonisés émettent par distillation ; que ces vapeurs forment le seul agent gazeux capable de réduire le minerai de fer dans le haut-fourneau. Quant à l'oxyde de carbone formé par la réaction de l'acide carbonique sur le charbon solide, il n'est signalé qu'avec réserve, et nullement comme un produit utile de l'appareil. Ces diverses idées sont, par exemple, catégoriquement indiquées dans les deux passages suivants :

Annales de chimie et de physique, tome 59, page 264. Octobre 1835. — 3° Observations sur quelques passages du mémoire précédent ; par M. Guenyveau. Annales des mines, 3° série, tome 8, page 407. Décembre 1835.

» Dans un fourneau qui ne serait alimenté que » par du charbon ou du coke calcinés, la réduction » du minerai ne pourrait avoir lieu qu'aux dépens » du carbone, et elle s'effectuerait, pour la plus » grande partie, *par voie de cémentation*, ce qui, » comme on le sait, n'exige pas une température » élevée, lors même que l'oxyde de fer est en- » gagé dans une combinaison avec de la silice. » Dans ce cas, pour obtenir une partie de fer, la » réduction seule de l'oxyde doit, dans l'hypo- » thèse la plus favorable, consommer au moins » 0,20 de charbon. Mais, dans le travail ordinaire, » les vapeurs que le combustible laisse dégager à la » chaleur blanche, doivent puissamment contri- » buer à la réduction. Enfin, quand on emploie la » houille ou le bois en nature, ce sont probable- » ment les gaz et les vapeurs combustibles seuls » qui opèrent la réduction du minerai. Ces gaz et » ces vapeurs, étant d'ailleurs très-faciles à em- » braser, *doivent brûler de préférence au char-* » *bon. Leur présence doit donc diminuer con-* » *sidérablement la consommation de celui-ci*, » et l'on voit d'après cela l'avantage qu'il doit » y avoir à employer la houille et le bois en na- » ture.....

» C'est dans la partie inférieure des étalages, et » principalement à la proximité de la tuyère, que » la combustion du charbon s'effectue ; l'air, lors- » qu'il arrive dans la cuve, est *à peu près complé-* » *tement dépouillé d'oxygène*, en sorte qu'en » parcourant cet espace, *il ne produit pas d'autre* » *effet* que d'échauffer les matières qu'il traverse » en se dépouillant lui-même du calorique dont » il s'est chargé dans les parties inférieures. Il y a » néanmoins consommation de combustible, mais

» cette consommation est inévitable, et elle aurait » lieu dans tous les systèmes; elle provient, 1° de » l'action de la chaleur, qui dégage du combustible » employé les matières volatiles de toute nature » qu'il contient; 2° de l'action de l'oxyde de fer » sur *l'hydrogène et le carbone*, qu'il brûle en se » réduisant; 3° enfin, de l'action dissolvante exer- » cée sur le charbon fortement échauffé par l'a- » cide carbonique, qui, près de la tuyère, a rem- » placé l'oxygène de l'air; action qui donne nais- » sance à une proportion assez considérable, *à ce* » *qu'il paraît*, d'oxyde de carbone (1)... »

Le lecteur pourra apprécier, par le résumé que je viens de faire des travaux antérieurs à mes mémoires de 1830 et de 1836, et surtout par la lecture des trois mémoires que j'ai signalés en dernier lieu, la direction que les divers auteurs cités dans ce troisième chapitre avaient imprimée aux théories de la cémentation et des fourneaux à courant d'air forcé. Il me sera permis de remarquer que les idées qui m'ont été signalées comme renfermant le germe de la nouvelle théorie, ont toujours été produites accidentellement, en une phrase, sous forme de notes, etc., et n'ont jamais été développées d'une manière spéciale, comme l'eût exigé l'importance du sujet. Au reste, la seule conclusion qu'il m'importe d'établir est que ces idées étaient restées inaperçues, ou du moins n'avaient pas paru assez motivées pour que les métallurgistes renonçassent à l'ancienne théorie; qu'au commencement de 1836, les travaux métallurgiques les plus récents étaient encore basés sur des

(1) Annales de chimie et de physique, tome 59, pages 270 et 274.

idées théoriques exactement opposées à celle que je proposai à la même époque; qu'en conséquence, en publiant des opinions que plusieurs personnes compétentes ont accueillies comme nouvelles, je n'ai réclamé l'invention d'aucun fait notoirement acquis à la chimie ou à la métallurgie, ni fait tort sciemment à qui que ce soit.

CONCLUSION.

On peut résumer ainsi qu'il suit les principales considérations exposées dans ce mémoire :

I. La cémentation des corps oxydés sous l'influence du carbone n'a été inexplicable jusqu'à présent que parce qu'on n'avait pas remarqué qu'il y avait dans ce phénomène présence nécessaire de réactifs gazeux : ce sont ces derniers qui produisent les résultats complexes attribués à tort au carbone solide. L'explication de tous les faits observés se déduit naturellement des propriétés que manifestent les deux composés oxydés du carbone mis en présence du carbone, de l'oxygène, des corps oxydés et de leurs radicaux.

Des expériences directes prouvent que l'oxyde de carbone réduit tout les corps oxydés signalés jusqu'à présent comme réductibles par cémentation.

La réduction des oxydes dans une enceinte de cémentation cesse d'être anomale et rentre dans les lois ordinaires de la chimie : elle présente toujours néanmoins une particularité caractéristique, consistant essentiellement dans le mode de préparation des gaz qui réagissent dans l'enceinte de cémentation.

II. La réduction des corps oxydés dans les fourneaux à tuyères, est fondée sur des principes es-

sentiellement distincts de ceux qui sont mis en jeu dans les appareils de cémentation : en les assimilant les uns aux autres, ainsi qu'on l'a fait jusqu'à présent, on a donc commis une profonde erreur de théorie. Il n'existe entre ces deux classes d'appareils qu'une seule analogie : c'est l'identité de l'agent gazeux qui produit la réduction. Les deux séries suivantes de faits mettent en évidence les différences qui distinguent ces deux genres d'appareils de réduction et en donnent une définition complète.

APPAREILS DE CÉMENTATION.	FOURNEAUX A TUYÈRES.
1. Le gaz oxyde de carbone, l'agent réductif par excellence, est essentiellement préparé avec l'oxygène de l'oxyde à réduire.	1. Le même agent réductif, l'oxyde de carbone, est essentiellement préparé avec l'oxygène atmosphérique.
2. Le gaz réductif agit essentiellement dans l'état de repos : les légers mouvements indispensables à la réduction sont dus à des forces très-faibles, produites en vertu de la réduction même dans l'enceinte de réduction.	2. Le gaz réductif agit essentiellement dans l'état de mouvement, comme font en général les réactifs gazeux employés en grandes masses. Le mouvement du courant gazeux est produit par une force énergique, développée par un moteur spécial en dehors de l'enceinte de réduction. Ce moteur introduit l'air dans une direction horizontale ou plongeante, par un nombre limité d'ouvertures; celles-ci caractérisent les fourneaux à courant d'air forcé, ou mieux les *fourneaux à tuyères*.
3. La quantité de gaz réductif dépensée est exactement l'équivalent chimique de la quantité d'oxyde à réduire.	3. La quantité de gaz réductif dépensée est toujours beaucoup plus considérable que l'équivalent chimique de la quantité d'oxyde à réduire.
4. Cette économie dans l'emploi du gaz réductif est due à	4. La dépense considérable de gaz réductif résulte en par-

ce qu'une molécule de ce gaz peut recouvrer les propriétés réductives dès qu'elle les a perdues par la réaction même ; en sorte qu'elle peut réagir indéfinitivement sur l'oxyde à réduire.	tie de ce qu'une molécule de ce gaz ne réagit qu'une fois ou qu'un petit nombre de fois sur l'oxyde à réduire.
5. La chaleur nécessaire à la réduction est due à une réaction chimique indépendante de celle qui produit l'oxyde de carbone : il y a donc deux sortes de combustibles : l'un pour produire la chaleur, l'autre pour préparer l'oxyde de carbone. Le premier est ordinairement un combustible à flamme ; le deuxième, un combustible carbonisé.	5. La chaleur nécessaire à la réduction est due à une réaction chimique inséparable de celle qui produit l'oxyde de carbone : ce dernier gaz ainsi que la chaleur sont donc préparés avec le même combustible. Ce combustible est ordinairement carbonisé : quelquefois on fait cette carbonisation dans le fourneau même, et les gaz de la distillation y agissent en partie comme agent réductif.
6. Le foyer où se développe la chaleur est séparé, par une enceinte imperméable aux gaz, du milieu où la réduction se produit ; en sorte que les gaz oxydants du milieu où se développe la chaleur ne peuvent nuire à l'action du gaz réductif dans le milieu de réduction.	6. Le foyer de chaleur et le milieu de réduction sont établis dans la même enceinte : la distinction de ces deux *milieux* correspond à *deux états* successifs essentiellement différents du même courant gazeux. Le principe fondamental de la construction des fourneaux à courant d'air forcé résulte surtout de la nécessité de mettre en harmonie, dans un espace toujours très-restreint, les influences éminemment opposées d'un milieu oxydant et d'un milieu réductif.

La possibilité de combiner aisément dans la pratique les deux influences qu'on vient de signaler dans les fourneaux à tuyères repose sur une propriété fort importante, que le carbone et l'oxygène paraissent seuls posséder entre toutes les associations imaginables qu'on peut faire en chimie d'un agent solide et fixe, et d'un agent

gazeux : je veux parler ici de la propriété qu'ont ces deux agents de réagir très-rapidement l'un sur l'autre. L'oxygène atmosphérique réagit même beaucoup plus promptement sur les combustibles carbonisés des fourneaux à courant d'air forcé, que sur les combustibles à flamme des fourneaux à courant d'air naturel. Le génie d'invention propre à l'industrie a si bien résolu une difficulté qui au premier aperçu semble insurmontable, que dans beaucoup de fourneaux à tuyères la région oxydante est à peine appréciable : l'air, dès son entrée dans le fourneau, produit presque instantanément la chaleur et l'oxyde de carbone.

La possibilité de faire agir la chaleur dans l'enceinte même où elle se produit, entraîne naturellement une grande économie de combustible; c'est surtout à cette cause qu'il faut attribuer l'emploi général qu'on fait en métallurgie de ce genre d'appareils de réduction, et la préférence qu'on leur accorde sur les appareils de cémentation, dans lesquels une perte considérable de chaleur résulte toujours de l'interposition d'une enveloppe entre le foyer de chaleur et le milieu de réduction.

III. La métallurgie, de même au reste que la plupart des arts technologiques, n'est point encore constituée comme science : les doctrines actuelles ont peu contribué aux grandes améliorations introduites récemment dans les ateliers; et trop souvent, ainsi que cela est arrivé, par exemple, pour l'emploi de l'air chaud dans les fourneaux à tuyères, ces doctrines ont à peine suffi pour confirmer tardivement l'importance des découvertes dues aux praticiens. Cette imperfection de la science tient sans doute à la diffi-

Cémentation du peroxyde de fer.

Fig. 3 *et* 4. Explication des deux phases distinctes observées dans la cémentation du peroxyde de fer.

o, peroxyde primitif non encore modifié par la première phase de la cémentation.

o′o′, oxyde magnétique qui se produit de la surface au centre pendant la première phase, et forme le noyau central pendant la seconde. Son caractère distinctif est d'être stable dans un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique ayant la double propriété de réduire le peroxyde *o*, et d'oxyder le fer métallique.

r r, fer métallique qui se produit progressivement de la surface au centre, et forme le produit définitif de l'opération.

Principes fondamentaux relatifs aux fourneaux à tuyères.

Fig. 5. Analyse des phénomènes qui se produisent lorsqu'un courant d'air, entrant par une grille AA, traverse de bas en haut un fourneau cylindrique AB, rempli de fragments de carbone *cc*.

A*a*, région contenant l'oxygène libre introduit par la grille AA, et une proportion d'acide carbonique croissant progressivement, de *A* en *a*, aux dépens de cet oxygène.

a b, région contenant de l'acide carbonique formé dans la région A*a*, et une proportion d'oxyde de carbone croissant progressivement, de *a* en *b*, aux dépens de cet acide carbonique.

bB, région ne contenant que de l'oxyde de carbone.

b′b′, niveau variable avec la nature des divers corps oxydés, et au-dessus duquel ces corps chargés par l'orifice BB du fourneau, peuvent être réduits par le courant gazeux ascendant. Ce niveau, qui, pour beaucoup d'oxydes, diffère peu du niveau *b b*, sépare le fourneau en deux zones, l'une supérieure qu'on peut nommer *zone réductive*, l'autre inférieure qu'on peut nommer *zone oxydante*.

Fig. 6. Appareil dans lequel on peut prouver par expérience que la hauteur de la zone oxydante est très-faible, lorsque l'air, dans les conditions générales de l'appareil (*fig.* 5), est introduit de bas en haut à un grand état de division dans du carbone en très-

menus fragments, entretenu à une haute température.

Fig. 7. Analyse des causes mécaniques et chimiques, en vertu desquelles l'oxygène réagit beaucoup plus rapidement sur le carbone solide dans l'appareil (*fig.* 6), que sur les combustibles gazeux, tels qu'on les développe, par exemple, dans les fours à puddler.

Fig. 8. Exposé du principe fondamental des fourneaux à tuyères.

T, tuyère ou orifice latéral par lequel on projette l'air dans une direction horizontale ou plongeante, avec une vitesse d'autant plus grande que l'on veut maintenir plus longtemps chaque molécule d'oxygène dans la tranche de charbon située au niveau de la tuyère, ou, en d'autres, abaisser davantage la limite supérieure *b b* de la zone oxydante.

rs, matières liquides, provenant de la fusion des matières élaborées dans la zone réductive B*b*, sous l'influence de la chaleur et de l'oxyde de carbone. Elles se rassemblent dans un récipient que l'on peut établir à la partie inférieure du fourneau, puisque cette partie n'est plus nécessaire, comme dans les appareils (*fig.* 5 et 6), pour l'introduction de l'air.

Exemples présentant divers cas de réduction dans les fourneaux à tuyères.

Fig. 9. Foyers pyrénéens du département de l'Ariége, dans la première période de l'opération.

mm, minerai de fer à désoxyder, débarrassé par un criblage des poussières et des menus fragments; on rend ainsi la masse *mm* très-perméable aux gaz réductifs, qui ne peuvent sortir du foyer que dans cette direction, et qui brûlent en *b b*.

m'm', minerai pulvérulent, préalablement humecté, et stratifié par petites couches avec le charbon de bois *cc* : l'ensemble de ces charges s'affaisse peu à peu pour combler le vide qui résulte sans cesse de la combustion du charbon *c'* devant la tuyère T, et de la chute du minerai *m'*, dont les éléments forment le premier rudiment *p* de

la loupe métallique *r*, et les scories *ss* qui remplissent le fond du foyer.

ff, Massiaux de fer brut d'une opération précédente, qu'on porte à la température blanche nécessaire à l'étirage, au moyen d'une partie de la chaleur développée en *c'*. Une autre partie de la chaleur développée est absorbée par l'élaboration du minerai pulvérulent *m'* et les réactions chimiques qui se produisent au fond du foyer; le reste est entraîné par les gaz réductifs, produits immédiats de la combustion : en vertu de la température élevée, due à cette chaleur, ces gaz exercent sur le minerai *mm* leur action réductive.

Fig. 10. Foyers corses pour la désoxydation du minerai de fer.

aaa, aire en brasque servant de base au foyer.

CC, foyer proprement dit, construit à chaque opération, composé de gros charbons, longs de $0^m,16$, horizontaux, disposés régulièrement comme l'indique la figure. Ce foyer forme un cylindre légèrement évasé vers le haut, à *base* demi-elliptique, et adossé à la vanne *vv*. On le tient constamment plein de charbon *cc*, lequel brûle en *c'* sous le vent lancé par la tuyère T.

mm, minerai à réduire traversé constamment par les gaz réductifs préparés en *c'*, et qui sortent du foyer par les interstices horizontaux, compris entre les charbons qui composent l'enceinte C C.

M M, gros fragments de minerai, recevant une calcination qui les rend plus propres à être concassés pour l'opération suivante.

ss, scories qui, vers la fin de l'opération, se séparent par liquation du minerai *mm*, et coulent sur la brasque qui forme le fond du foyer.

Fig. 11. Demi-haut-fourneau employé à Ockerhutte (Bas-Hartz), pour la fusion d'une galène zincifère préalablement grillée.

mmm', lit de fusion, composé principalement de minerai grillé, d'anciennes scories et d'une pe-

tite quantité de fondant terreux : on le charge sur la varme vv', le long de laquelle il est retenu pendant sa descente par suite du déversement fv' donné à cette varme. Il forme en quelque sorte une colonne juxtaposée à cette paroi.

cc', charbon occupant plus des $\frac{2}{3}$ de la capacité intérieure du fourneau, et formant également une colonne presque verticale comprise entre le lit de fusion mm' et la poitrine *ik*

aa, nez ou tube irrégulier, formant pour ainsi dire le prolongement de la tuyère T, et provenant du refroidissement qu'éprouvent, sous le choc du vent froid, les matières terreuses qui se liquéfient constamment en m'. Ce nez conduit le vent dans la colonne de charbon c', et préserve ainsi de l'action oxydante de l'air le plomb réduit qui se sépare en m' des éléments terreux du lit de fusion.

b, paroi très-mince, composée de grandes plaques de schiste argileux, contre laquelle se condensent les vapeurs de zinc métallique qui se dégagent du lit de fusion élaboré en m', et qui remplissent la partie inférieure du fourneau : le zinc liquide se dépose sur l'assiette de schiste *z*, d'où on le fait couler au dehors du fourneau.

ss, scories formées par la partie terreuse du lit de fusion, et qui se liquéfient constamment en m' ; elles s'écoulent à partir de s', sur un plan incliné ou sont enlevées par plaques de dessus le bassin d'avant-foyer ss'.

rr, plomb métallique et mattes, provenant également du lit de fusion élaboré en m' ; on les fait couler de temps en temps dans le bassin de percée A établi à un niveau inférieur.

ppp, brasque composée de charbon pilé et d'argile, dans laquelle on creuse, avec la forme indiquée sur la figure, le bassin de réception *rs*.

defg, section trapézoïdale donnée au fourneau, afin que la colonne de charbon $c'c'$ soit aussi large que possible devant la tuyère, et y convertisse plus efficacement en oxyde de carbone l'oxygène atmosphérique. L'existence des vapeurs de zinc métallique en *b* prouve que, dans cette partie

du fourneau, le gaz réagissant ne contient déjà plus d'oxygène libre, et ne retient tout au plus qu'une faible proportion d'acide carbonique.

Fig. 12. Haut-fourneau pour la fabrication de la fonte de fer.

$m'c'$, m^2c^2, etc....., $m^n c^n$, charges comprenant chacune la même proportion absolue de mélange ferrifère à élaborer et de charbon. Elles sont dessinées dans la position qu'elles occuperaient si elles descendaient toutes dans l'appareil, avec une régularité qu'on ne peut atteindre complétement dans la pratique, mais à laquelle on s'efforce de parvenir autant que possible. Le mélange à élaborer est souvent, par rapport au charbon, dans la proportion de 2 : 5, en volume.

ss, laitiers provenant de la fusion de la partie terreuse et fixe du mélange à élaborer.

rr, fonte de fer.

EXTRAIT

D'une lettre de M. F.-J. Newbold, lieutenant au 23e régiment d'infanterie légère de Madras, a M. E. de Beaumont.

Naples, le 22 février 1841.

..... Je suis monté sur l'Etna, le 6 du présent mois de février. Depuis la visite que vous y avez faite en 1834, l'éruption du grand cratère en 1838 en a considérablement altéré la forme. Cette éruption s'est faite à l'angle S.-O. du cratère, qui présente maintenant une cavité elliptique, d'environ 2000 pas de circonférence et d'à peu près 300 pieds (anglais) de profondeur. Cette cavité est divisée en deux portions inégales par une épaisse muraille formée de la lave rejetée pendant l'éruption. Elle a environ 180 pieds de haut et 290 de long, et court du N.-O. au S.-E. Les parois de la partie active du cratère ont été élevées en forme de dents. Elles ressemblent à peu près à celles que présente le sommet du Vésuve, et dominent le reste de la circonférence du cratère.

L'intérieur des parois de la partie opposée ou inactive du cratère, présente cinq assises distinctes de lave qui sont inclinées en deux sens opposés, à partir d'une fissure verticale de part et d'autre de laquelle elles plongent sous un angle de 30 degrés environ.

Mon guide m'apprit que de grandes masses des anciennes parois étaient tombées dans l'intérieur

du cratère et avaient disparu avec la lave, probablement dans un état de fusion.

Une épaisse fumée blanche sortait de 3 larges ouvertures à la partie S.-O. ou dans l'angle actif du cratère, de diverses crevasses plus petites sur les côtés, et aussi de deux fissures dans les parois de la partie nord. Ces vapeurs contenaient beaucoup d'eau et avaient une forte odeur d'hydrogène sulfuré et d'acide muriatique; celle de l'hydrogène sulfuré dominait. Les fumées du cratère du Vésuve, au contraire, contiennent, comme je l'observai en janvier 1841, une beaucoup plus grande proportion d'acide muriatique. J'appris de M. Joseph Gemellaro, à Nicolasi, que la lave, en s'échappant du nouveau cratère, coula par-dessus les bords que j'ai indiqués, dans la partie antérieure du cratère. Elle remplit d'abord le cratère, puis après, s'échappant par-dessus le bord le moins élevé, elle coula sur les flancs du grand cône et se bifurqua au-dessus de la Casa Inglese, qui, placée entre les deux courants enflammés, fut sur le point d'être détruite. La lave remplit le cratère éteint de 1819, et poursuivant sa course, en zig-zag, sur un espace d'un mille et demi de long, vers le Val del Bove, elle s'arrêta enfin un peu en deçà du cratère de 1811.

La surface de la lave, en se refroidissant, s'est contractée en petites éminences et ondulations dont quelques-unes atteignent 18 pieds de haut. Suivant M. Gemellaro, qui fut témoin oculaire de l'éruption et qui passa une nuit dans le cratère, la lave coulait d'abord lentement; elle avait la consistance du miel, mais quand elle eut dépassé le bord du cratère, elle ruissela avec rapidité sur la pente inclinée du cône. L'épaisseur de la couche

de lave en cet endroit est d'environ 8 pieds et l'inclinaison de 38 degrés.

La lave qui a rempli l'ancien cratère s'est affaissée à une profondeur de 200 pieds ; elle s'est probablement échappée par une ouverture inférieure ; maintenant sa surface est tout à fait froide, excepté dans le voisinage de quelques larges fissures, entre le cratère et la Casa Inglese, sur la portion la plus élevée et la plus rapide du cône. Il s'échappe de là quelques fumées blanches, assez chaudes pour fondre la neige environnante.

Cette lave ne diffère pas, minéralogiquement parlant, des laves produites antérieurement par l'Etna ; elle est composée principalement de feldspath labrador, d'augite et d'olivine. Il reste à expliquer d'une manière satisfaisante, pourquoi le Vésuve et d'autres volcans sont plus riches que l'Etna en productions minéralogiques.

CHIMIE. (Extraits.)

(Travaux de 1840.)

1. *Considérations sur le volume* ATOMIQUE, L'ISOMORPHISME *et le* POIDS SPÉCIFIQUE; par M. Hermann Kopp. (Ann. de Chim., t. 75, p. 406.)

On trouve le *volume atomique* d'une substance quelconque, en divisant son poids atomique par son poids spécifique.

La loi que j'ai à faire connaître peut être exprimée de plusieurs manières. On peut dire:

Dans les corps isomorphes, les poids spécifiques sont proportionnels aux poids atomiques.

Les corps isomorphes ont les mêmes volumes atomiques.

Les molécules des corps isomorphes sont égales non-seulement quant à la forme (ce qui a été découvert par M. Mitscherlich), *mais aussi quant aux dimensions.*

Pour le moment je ne nommerai substances isomorphes que celles qui, composées d'une manière analogue, montrent la même forme cristalline. Voici les groupes isomorphes parmi les éléments.

	Pesant. spéc.	Poids de l'at.	Volume.
Au	19,258	1243,0	64,54
Ag	10,428	675,8	64,80

En prenant pour l'argent, comme M. Regnault, la moitié du poids atomique déterminé par M. Berzélius.

K	0,865	480,92	566,39
Na	0,972	581,80	598,54

En prenant pour le poids atomique du sodium, comme M. Clarke, le double du poids déterminé par M. Berzélius.

Parmi les oxydes.

Sn	6,960	935,29	134,38
Ti	3,759 à 4,254	503,69	118,40 à 134,00
Al	3,531 à 4,023	642,33	160,78 à 181,93
Fe	5,220 à 5,300	978,43	184,61 à 187,26
Gr	5,21	1003,60	192,63
Fe+Ti	4,75	942,90	198,51

Le volume pour le spinelle, la gahnite, le fer chromé, la francklinite et le fer oxydulé, est de 248,81 à 285,41.

Sb^2S^3	4,620 à 4,850	2216,4	456,99 à 479,75
As^2S^3	3,313 à 3,480	1543,6	443,55 à 465,91

Pour le cobalt arsenical et le nickel arsenical, le volume est de 330,32 et 328,83.

Pour les deux agents rouges, 1121,3 et 1187,9.

Pour la tennantite et le cuivre gris antimonifère, il est de 3100,3 et 3227,6.

Pour le sulfure et le séléniure de plomb, 207,16 et 218,18.

Parmi les sels.

Pour les carbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse et de zinc, le volume de l'atome est de 232,43-187,69-186,90-201,10-175,52.

Pour l'aragonite, la junkerite, la strontianite, la withérite et le plomb carbonaté, il est de 215,78-187,59-256,24-286,75 et 258,46.

Pour les sulfates de baryte, de strontiane et de plomb, il est de 347,15-320,08-307,29.

Pour les nitrates des mêmes bases, 560,51-458,25-470,80.

Pour les molybdate et tungstate de plomb et le tungstate de chaux, 342,25-355,27-329,65.

Pour les sulfates anhydres de soude et d'argent, 339,05-365,65.

Pour les arséniates et phosphates de cuivre, $\ddot{C}u^4(\overset{\therefore}{As}, \overset{\therefore}{P}) + 2 H$, 852,08-861,14.

Pour les sulfates cristallisés de zinc, de magnésie et de nickel, à 7 at. d'eau, 880,06-883,42-863,14.

Pour les sulfates de cuivre et de manganèse à 5 at. d'eau, 713,32-720,53.

Pour le sulfate et le chromate de potasse, 415,97-470,57.

Pour les différents aluns, 3406,8 à 3510,2.

Pour les sels doubles composés du sulfate de potasse ou d'ammonium et des sulfates de manganèse, de cuivre, de cobalt, de zinc, de cadmium et de nickel, de 1269,2 à 1423,7.

Pour le diopside, l'hyperstbène et l'héidenbergite, 1409,7-1734,3-1382,1.

Pour l'apatite, le plomb phosphaté et le plomb arséniaté, 2133,3-2406,3-2581,6.

Quoique les volumes atomiques des corps isomorphes s'accordent toujours plus ou moins, et que souvent ils coïncident même, il y a cependant des cas où la différence est trop considérable pour que l'on puisse l'attribuer aux fautes de l'observation ou à l'impureté des substances. En examinant ces différents cas, on reconnaît que ces variations proviennent de ce que dans les corps

isomorphes le volume atomique croît et décroît selon la grandeur des angles, qui, comme on sait, admettent entre eux de petites différences, de telle sorte que le volume est d'autant plus grand que l'angle est plus petit. Ceci explique la découverte de M. Mitscherlich, qui le premier a montré que les angles obtus de la chaux carbonatée deviennent moins obtus par l'élévation de la température.

On ne peut pas conclure de l'isomorphisme des corps composés l'isomorphisme de leurs éléments, parce que l'on ne sait pas encore d'une manière certaine quels sont ceux de ces éléments qui se suppléent réciproquement. Il paraît que dans les sels oxygénés ce sont tantôt les métaux et tantôt les oxydes, puisqu'il y a des sels oxygénés qui renferment les uns des oxydes et les autres des métaux qui n'ont pas le même volume atomique, et que pour produire des cristaux de même *forme* on ne peut admettre que des éléments *isomorphes* d'égal volume.

La baryte et la strontiane n'ont pas le même volume atomique, tandis que le baryum et le strontium sont dans cette condition. Le volume du plomb est au contraire très-différent, tandis que le volume de son oxyde se rapproche beaucoup de celui de la strontiane.

La chaux et la magnésie n'ont pas le même volume, tandis que celui des métaux semble être le même.

Les oxydes de chrôme, de fer et d'alumine ont le même volume, tandis que le volume du chrôme étant 69, celui du fer est 44, et celui de l'aluminium environ 1,10.

Le volume de l'étain est 100, 85, et celui du

titane 57,52, tandis que pour leurs oxydes il y a identité de volume.

Les volumes du phosphore, de l'arsenic et de l'antimoine sont respectivement de 110,82-83,49-120,34; et cependant les combinaisons analogues que forment ces corps sont isomorphes.

L'acide sulfurique et l'acide chromique forment des combinaisons isomorphes, mais le soufre n'a pas le même volume atomique que le chrôme.

Le platine, le palladium, l'iridium et l'osmium ont le même volume (550,28 à 609,58).

Toutes les combinaisons analogues de potassium et d'ammonium ont le même volume atomique. Les combinaisons correspondantes de sodium ne suivent pas du tout cette coïncidence; mais le volume atomique est le même que celui des combinaisons analogues d'argent.

Le chlore, l'iode, le brôme et le fluor ont le même volume atomique (159,49 à 166,42).

Il y a des substances dont le poids atomique varie selon que la substance est isolée ou combinée; l'argent et le sodium sont dans ce cas. Les poids atomiques adoptés par M. Berzélius seraient alors admissibles pour les combinaisons : il faudrait grouper l'argent avec la moitié du poids atomique qu'il a dans les combinaisons près de l'or; avec le double du poids atomique qu'il a dans les combinaisons, près du sodium. Par la détermination de sa chaleur spécifique, M. Regnault a prouvé que le poids atomique de l'argent isolé n'a que la moitié du poids fixé par M. Berzélius. Mais il est certain aussi que pour les combinaisons, ce dernier nombre est le seul admissible.

---

2. *Recherches sur l'application de la* CHALEUR SPÉCIFIQUE DES CORPS *à la détermination de leur poids dit* ATOMIQUE; par M. Baudrimont. (Revue scient., t. 3, p. 185.)

La capacité calorique des corps doit être distinguée de la caloricité spécifique, qui n'en est qu'un des éléments.

Le volume des corps, leur densité, leur dilatabilité et la cohésion, sont des éléments dont il est désirable que l'on puisse tenir compte dans la détermination, soit de la caloricité spécifique, soit de la capacité calorifique de ces mêmes corps.

Les corps élémentaires ne sont point formés d'atomes immédiatement juxtaposés, mais bien de molécules divisibles.

La *caloricité spécifique* des corps est proportionnelle au nombre des molécules qu'ils contiennent lorsqu'on les considère sous des poids égaux, ou bien elle est réciproque au poids de ces mêmes molécules.

Les molécules des corps subissent des modifications isomériques, soit en changeant d'état, soit en se combinant avec d'autres molécules.

Les molécules des corps solides se divisent dans l'acte de la combinaison, aussi bien que celles des corps gazeux.

Les formules chimiques ne font pas connaître le poids réel des molécules des corps; mais elles indiquent seulement des poids qui offrent un rapport simple avec eux.

3. *Mémoire sur une loi relative aux* DENSITÉS DES COMPOSÉS BINAIRES *formés en proportions multiples*; par M. Ammermuller. (Ann. de Pag., t. 49, p. 341.)

En comparant entre elles la densité et la composition atomique d'un certain nombre de substances, j'ai été conduit à reconnaître l'existence de la loi suivante.

Lorsqu'un corps A se combine avec un corps B en plusieurs proportions, de telle sorte que le nombre d'atomes de B reste le même dans la série des composés formés, tandis que le nombre des atomes de A varie, on trouve toujours dans le même volume la même quantité pondérale de B, tandis que la quantité pondérale de A varie; ou, en d'autres termes, la condensation à laquelle se trouve A dans les combinaisons, varie proportionnellement au nombre d'atomes de A qui existent dans ces atomes composés.

Si le nombre d'atomes de chaque élément varie, alors la condensation du corps B dans les divers degrés de combinaison varie, et elle est proportionnelle au nombre de ses atomes dans un atome de la combinaison.

La densité du protoxyde de cuivre est 5,749; celle du bioxyde est 6,40. 5,749 de protoxyde contiennent 5,103 de cuivre, et 6,40 de bioxyde en contiennent 5,109. Ces 5,749 de protoxyde contiennent 0,646 d'oxygène; les 6,40 de bioxyde en contiennent 1,291. Dans la transformation du protoxyde en bioxyde, l'atome d'oxygène n'augmente pas le volume de l'oxyde.

La densité du protoxyde d'étain SnO est 6,666;

celle du bioxyde est 6,9. Dans le premier oxyde, il y a 5,868 d'étain, et dans le second 5,424.

La densité du protoxyde de plomb PbO est 8,01; celle de l'oxyde puce PbO^2 est 9,19. Dans le premier oxyde il y a 7,436 de plomb, et dans le second 7,96.

La densité du protoxyde de mercure HgO est 10,69; celle du bioxyde HgO^2 est 11,29. Dans le protoxyde il y a 10,284 de mercure, et dans le bioxyde 10,463.

La densité de l'oxyde de molybdène MoO^2 est 5,666; celle de l'acide molybdique MoO^3 est de 3,42. En admettant que le protoxyde a pour formule Mo^2O^4, on trouve qu'il contient 2 × 2,325 de métal, et l'acide molybdique 2,325.

La densité de l'oxyde de tungstène WO^2 est 12,1109; celle de l'acide tungstique est 7,1396, selon Karsten, et 6,12 selon Berzélius. La loi précitée se trouve satisfaite, en supposant l'oxyde de tungstène W^2O^4.

La densité de l'oxyde d'antimoine Sb^2O^3 est 5,778; celle de l'acide antimonieux Sb^2O^4 est 6,525. Ils contiennent, l'un 4,872 de métal, et l'autre 5,228.

La densité de l'acide sulfureux liquide SO^2 est de 1,42; celle de l'acide sulfurique anhydre SO^3 est de 1,97. Ici les quantités de soufre sont :: 7,12 : 7,90.

La densité du proto-sulfure de platine PtS est 6,2; celui du bisulfure PtS^2 est 3,5. Si l'on admet que le protosulfure est Pt^2S^2, on trouve qu'il contient 2 × 2,64 de platine, et le bisulfure 2,64.

La densité du chlorure de carbone C^2CL^4 est 1,553; celle du sesquichlorure C^2CL^6 est 2,0. L'un contient 0,229 de carbone, et l'autre 0,206.

En cherchant à donner de l'extension à ces calculs, on a bientôt reconnu que la loi ci-dessus, énoncée d'une manière générale, ne se vérifiait pas d'une manière constante dans toutes les applications, mais qu'elle comportait quelques modifications susceptibles de se rattacher elles-mêmes à une règle fixe.

La densité de l'eau H^2O est 1; celle du bioxyde d'hydrogène HO est 1,452. Un volume contenant 0,889 d'oxygène et 0,111 d'hydrogène à l'état d'eau, contient 1,367 d'oxygène et 0,085 d'hydrogène à l'état d'eau oxygénée. En supposant cette dernière H^2O^2, on trouve que la condensation du corps composé diminue comme le nombre d'atomes simples augmente dans l'atome composé.

La densité du bisulfure d'étain SnS^2 est 4,415; celle du protosulfure SnS est 5,267. Dans le premier il y a 2,854 d'étain, et dans le second 4,136. En supposant le protosulfure Sn^2S^2, et admettant que la condensation des éléments du sulfure diminue dans le rapport inverse du nombre des atomes, on a

$$\tfrac{3}{4} \times 2 \times 2,854 = 4,281 \text{ étain,}$$
$$\tfrac{3}{4} \times 1,561 = \underline{1,171} \text{ soufre;}$$

On aura pour la densité 5,452, à peu près comme par l'expérience.

La densité du bichlorure de mercure $Hg\,Cl^2$ est 5,42; celle du protochlorure est 7,14. Ils contiennent, l'un 4,016 de mercure, et l'autre 6,077. La condensation est la même que dans le sulfure d'étain, en admettant que le protochlorure est Hg^2Cl^2.

La densité du bibromure de mercure est 5,9202; celle du protobromure est 7,305. Ils contiennent,

l'un 3,3396 de mercure, et l'autre 5,270. La condensation est la même que dans les chlorures.

La densité du perchlorure de soufre SCl^2 est 1,68; celle du protochlorure SCl est 1,7. Ils contiennent, l'un 1,155 de soufre, et l'autre 0,891. La loi de condensation est encore comme ci-dessus.

La densité du sulfide hypoarsénieux As^2S^2 est 3,544; celle du sulfide arsénieux As^2S^3 est 3,459: ils contiennent, l'un 2,482, l'autre 2,107 d'arsenic. Le résultat s'accorde assez avec l'expérience.

La densité du protoxyde de manganèse est 4,726; celle du deutoxyde est 4,328, et celle du peroxyde est 3,69 à 3,76. Ces trois oxydes contiennent sous le même volume, le premier 3,666 de manganèse, le second 3,109, et le troisième 2,34 à 2,38. La loi énoncée leur serait applicable si on les supposait formés de Mn^2O^2, Mn^2O^3 et Mn^2O^4.

Il suit de ce qui précède 1° que lorsque deux corps se combinent en proportions multiples (la condensation restant la même dans les combinaisons), les quantités pondérales des éléments contenus dans le même volume par les deux combinaisons (et par conséquent l'état de condensation auquel se trouve chacun de ces corps dans le composé), sont en raison directe du nombre d'atomes simples contenus dans l'atome composé.

2° Et que lorsque la condensation varie, cet effet a toujours lieu de façon que son accroissement ou sa diminution est en raison inverse de l'accroissement ou de la diminution du nombre d'atomes simples contenus dans les mêmes composés, avec cette modification que la seconde loi devient applicable à cette seconde classe de composés.

Ainsi, supposons qu'un composé binaire contienne m atomes du corps A, et n atomes du corps B, on aura $m+n$ atomes simples dans l'atome composé; soit la condensation $=\delta$; supposons que la condensation varie par l'admission du nombre p d'atomes du corps A, l'atome composé se trouvant maintenant formé de $m+p$ atomes de A, et n atomes de B : alors la condensation sera en raison inverse du nombre d'atomes simples qui se sont ajoutés à l'atome composé. Or, le nombre des atomes simples dans les atomes composés des deux combinaisons est comme $(m+n)$: $(m+n+p)$; il s'ensuit qu'en désignant la condensation nouvelle par d', on aura $d : d' :: (m+n+p) : (m+n)$, et par conséquent $d' = \frac{m+n}{m+n+p} d$. Mais comme, par la première loi, la condensation (c'est-à-dire la quantité pondérale sous le même volume) de A, dans la seconde combinaison, doit être la $\left(\frac{m+p}{n}\right)^{\text{ème}}$ partie de la condensation de ce corps dans la première combinaison, cette condensation sera pour A, $\left(\frac{m+p}{n}\right) \left(\frac{m+n}{m+n+p}\right) \delta$, δ étant la condensation de A dans la première combinaison.

Cette loi donne le moyen de conclure le nombre d'atomes élémentaires qui existe dans un atome composé, de la seule détermination des densités des deux composés.

Note de M. Poggendorf.

La loi établie par M. Ammermuller peut recevoir l'énoncé suivant : *les densités des combinai-*

sons d'un radical avec un corps électro-negatif sont-elles comme les poids atomiques de ces composés, ou comme les multiples de ces poids par certaines fonctions simples.

---

4. *Rôle du calorique dans la* DIMORPHIE *et l'*AMORPHIE ; par M. Graham (Éléments de Chimie).

Il résulte de tous les faits connus relativement à l'influence que le calorique exerce sur les propriétés des corps, que les changements que certains corps éprouvent dans leurs propriétés chimiques, tout en conservant la même composition, doivent être attribués à la quantité de chaleur latente ou combinée que ces corps perdent par cette transformation. On doit admettre divers degrés de combinaison du calorique avec les corps, de la même manière qu'on admet divers *degrés* d'oxydation, de chloruration, etc.

Ainsi, la chaleur peut entrer dans les corps comme partie substantielle et constitutive, de manière à en modifier notablement les propriétés. Un changement de propriétés suppose nécessairement un changement de constitution.

Il ne faut pas confondre la quantité de chaleur qui entre en combinaison comme partie constituante avec la chaleur spécifique de ces corps, ou avec leur capacité pour la chaleur sensible. Il n'existe peut-être aucun rapport entre la chaleur spécifique des corps et la chaleur combinée chimiquement.

---

5. *Sur les rapports qui existent entre la* Forme Cristalline *et la* Composition chimique; par Mitscherlich (An. de Ch., t. 73, p. 384).

La forme cristalline du protochlorure de cuivre est un tétraèdre; on obtient des cristaux déterminables en mêlant une dissolution de perchlorure de cuivre et de chlorure de zinc, dissolvant le protochlorure qui se sépare dans l'acide muriatique à chaud et abandonnant la liqueur concentrée au refroïdissement. Le protochlorure de cuivre est blanc; exposé à la lumière solaire, il est décomposé et se colore légèrement en bleu. Ce chlorure se combine avec le chlorure de potassium, le chlorure de sodium et le sel ammoniac; la combinaison avec le chlorure de potasse peut être obtenue en assez gros cristaux bien déterminables et dont la forme est un octaèdre régulier; pour cela il suffit d'arroser le protochlorure de cuivre dans un seau d'eau, en chauffant jusqu'à la température de l'ébullition, et d'ajouter du chlorure de potassium jusqu'à dissolution complète du protochlorure de cuivre. On laisse ensuite refroidir la dissolution dans un vase renfermé. Les cristaux ont pour formule : $Cu^2Cl^2 + 2KCl^2$, et sont par conséquent anhydres; ils offrent l'exemple intéressant d'une combinaison de deux substances appartenant l'une et l'autre au système régulier et dont l'affinité est si faible, qu'elle n'a pas exercé d'influence sur la forme du composé. La combinaison avec le chlorure de sodium ne peut être obtenue cristallisée; elle est importante à connaître pour l'amalgamation des minerais d'argent.

La forme cristalline du perchlorure de cuivre n'est pas bien déterminable; il donne avec le chlo-

rure de potassium et le sel ammoniac des combinaisons doubles qui peuvent se présenter sous la forme de cristaux facilement déterminables, lorsqu'on chauffe un mélange des deux dissolutions concentrées, et qu'on l'abandonne ensuite au refroidissement. La composition de ces produits a été établie par plusieurs chimistes. La combinaison avec le chlorure de potassium



$$KCl^2 + CuCl^2 + 2H^2O$$

est isomorphe avec la combinaison du sel ammoniac



$$Az^2H^6,H^2Cl^2 + CuCl^2 + 2H^2O\,;$$

leur forme est un octaèdre à base carrée.

On obtient le protoxyde de cuivre sous la même forme, tant par la voie sèche que par la voie humide. Cette forme, qui a été décrite avec détails par Gustave Rose, est un octaèdre modifié par beaucoup de faces secondaires; on l'obtient *par la* voie sèche lorsqu'on fond du cuivre au contact de l'air. C'est ainsi qu'on l'obtient en assez gros cristaux dans le traitement des minerais de cuivre au fourneau à manche; par la voie humide, lorsqu'on décompose des sels de bioxyde de cuivre en dissolution par le sucre, ainsi que Vogel l'a montré, ou lorsqu'on décompose le protochlorure de cuivre, ou le sulfite de protoxyde de cuivre par la soude. On l'obtient le plus facilement au moyen du sucre, en décomposant une dissolution de sucre et de sulfate de cuivre par la soude ajoutée jusqu'à dissolution complète de l'hydrate d'oxyde de cuivre; pour une partie de sulfate de cuivre, il faut employer environ une partie de sucre pour que la combinaison soluble dans l'eau se produise. La dissolution a une couleur bleue intense; par une

douce chaleur il s'en sépare peu à peu du protoxyde rouge, inaltérable à l'air, et qui, séché à la température ordinaire, ne perd point d'eau par une chaleur modérée; sous le microscope il offre une apparence cristalline. Le protoxyde de cuivre obtenu par la soude et le chlorure de cuivre, se présente avec une couleur orangée; chauffé longtemps au bain-marie à 100°, il ne perd point sa couleur, elle devient seulement plus intense; chauffé plus fortement au bain d'alliage, il perd peu à peu de l'eau dont la quantité ne s'élève qu'à trois pour cent; à 360° il a cédé toute son eau, mais il présente encore cependant l'aspect orangé; il ne devient rouge que par une chaleur presque blanche. D'après cela, ou bien le protoxyde orangé est un hydrate $4Cu^2O + H^2O$, ou bien il retient l'eau avec une grande force à la manière du charbon et des autres corps poreux : ce qui ferait pencher pour cette dernière supposition, c'est la faible proportion d'eau et cette circonstance, que l'expulsion de l'eau ne change point la couleur. Le protoxyde de cuivre orangé ne présente aucun indice de cristallisation; la séparation du protoxyde rouge de cuivre au sein d'une dissolution aqueuse, montre que lorsqu'un corps peut se former à une basse température dans les circonstances où les forces de la cristallisation deviennent efficaces, ce corps possède alors les propriétés qu'il aurait acquises par une température élevée. Le protoxyde de cuivre que l'on rencontre dans la nature a été formé par la voie humide.

Le protosulfure de cuivre Cu^2S se présente cristallisé sous deux formes; on l'obtient en octaèdre, lorsque l'on combine le soufre avec le cuivre à une température élevée; par exemple, lorsque l'on

prépare en grand du sulfure de cuivre pour obtenir du sulfate de cuivre. La forme du sulfure de cuivre que l'on trouve dans la nature, se rapproche tellement de la forme du sulfure de fer FeS, décrit par G. Rose, que l'isomorphisme de ces deux substances semblerait devoir s'ensuivre; mais cet isomorphisme n'est qu'apparent, car la forme du sulfure de cuivre est, d'après la symétrie des modifications, un prisme à quatre pans; néanmoins, ce rapprochement est intéressant, en ce qu'il nous conduit sur le groupement des atomes à des considérations particulières, qui seront développés lorsqu'il sera question de la cristallisation de l'oxyde de zinc, dont la forme se rapporte aux précédentes. Un sous-sulfure de fer et de manganèse, examiné par Karsten, se rencontre en beaux octaèdres dans les mêmes scories où l'on a trouvé le titane en Silésie.

On peut obtenir l'oxyde de plomb en *cristaux* déterminables, soit par la voie sèche, *soit par* la voie humide, et sous la même forme dans les deux cas. Dans plusieurs préparations métallurgiques, où l'on abandonne à dessein ou accidentellement de grandes masses d'oxyde de plomb fondu à un refroïdissement lent, ce composé cristallise en volumineux octaèdres à base rhombe ayant un clivage très-facile, dans une direction qui correspond aux surfaces de jonction des écailles que présente habituellement la litharge refroidie promptement. L'oxyde de plomb a été obtenu par la voie humide par Vogel, Houton et Payen; on obtient des cristaux reconnaissables, ainsi que l'indique Houton, lorsqu'on dissout de l'oxyde de plomb dans une dissolution étendue de potasse dans laquelle on laisse ensuite absorber l'acide carbonique; ou bien

encore, d'après Payen, en décomposant l'acétate de plomb par un excès d'ammoniaque.

Les cristaux ne sont pas des octaèdres réguliers, comme Houton l'avait prétendu, mais des octaèdres à base rhombe, avec les mêmes angles que ceux que l'on obtient par la fusion du protoxyde de plomb.

Lorsqu'on dissout dans une solution concentrée de potasse, de l'oxyde de plomb jusqu'à saturation, celui-ci s'en sépare, par le refroidissement, en écailles qui ressemblent tout à fait aux écailles de litharges jaunes obtenues par fusion : si l'on emploie moins d'oxyde de plomb, la séparation s'effectue seulement lorsque la dissolution est revenue à la température ordinaire. Sur les écailles jaunes on en remarque souvent de rouges, qui se dissolvent sans résidu et sans effervescence dans l'acide acétique étendu et dans l'acide carbonique, et qui, par conséquent, ne sont point du minium; des observations semblables ont été faites par M. Vogel.

Lorsqu'on chauffe les écailles rouges, elles deviennent jaunes par le refroidissement; lorsqu'on chauffe l'oxyde jaune, il développe par la chaleur une coloration rouge semblable à celle des litharges rouges; par le refroidissement il reprend sa teinte jaune primitive. Il suit de là, que la position des atomes, qui est la cause de la coloration rouge de l'oxyde de plomb, à une température élevée, peut être déterminée également à une température plus basse et se maintenir à la température ordinaire; en même temps on s'explique comment il se fait que la litharge marchande soit fréquemment rouge, bien qu'elle ne contienne pas la moindre trace de protoxyde de cuivre ou de minium.

Lorsqu'on traite un acétate de plomb, ou un autre sel de plomb soluble, par la potasse ou la soude, il se fait un précipité blanc, qui, séché à 100°, ne change point de couleur; desséché pendant un temps plus long, et à une température un peu supérieure à 100°, il ne perd plus d'eau, ne change point de couleur; mais la température continuant à s'élever, il perd alors 3 $\frac{3}{4}$ pour 100 d'eau, devient d'abord rouge, puis jaune par le refroidissement : il se comporte donc comme de l'oxyde de plomb ordinaire; le précipité blanc est de l'hydrate de plomb 2 PbO, H^2O. A la même température, on obtient donc l'oxyde de plomb anhydre lorsqu'il peut cristalliser, et combiné à l'eau lorsqu'il se produit dans des circonstances où la cristallisation ne peut s'effectuer; l'affinité chimique entre l'eau et l'oxyde, qui est anéantie par une température de 100°, est également anéantie à la température ordinaire, par la force de cristallisation. *Ce fait* explique comment l'anhydrite peut se rencontrer, dans la nature, dans des dépôts formés évidemment par les eaux; seulement, pour l'anhydrite, il faut chercher à déterminer les circonstances encore inconnues dans lesquelles la cristallisation du sulfate de chaux anhydre peut s'effectuer à une basse température. Il est assez rare que la force de cristallisation l'emporte sur l'affinité chimique; on observe, au contraire, toujours, que la force en vertu de laquelle des corps solides se dissolvent ou prennent l'état gazeux, est affaiblie par la force de cristallisation; c'est pourquoi, lorsqu'une cristallisation s'effectue par la voie humide ou par la condensation d'une vapeur, les cristaux qui se forment vont toujours se joindre aux cristaux déposés. Les précipités qu'ils forment dans

des dissolutions peuvent consister en cristaux gros ou petits, ou en petites sphères qui s'usent ordinairement l'une contre l'autre, ou bien en masses agglutinées, attendu que les points matériels isolés ne se réunissent point pour former des cristaux, mais sont maintenus adhérents à distance, par l'interposition de l'eau à la manière de deux lames de verre dont la surface est humectée d'eau, et qui sont séparées l'une de l'autre par l'eau dans toute l'étendue de leur surface. Ces masses peuvent, sous le microscope, se présenter en flocons gélatineux ou en granules; elles sont flexibles tant qu'elles sont humides; quand l'eau interposée est expulsée, elles tombent en poudre ou forment des masses vitreuses. A l'état humide, ces masses ont les propriétés physiques des tissus végétaux et animaux; le même genre de structure se présente donc, contre l'opinion commune, *aussi bien* dans les corps organisés que dans les corps inorganiques. Un grand nombre de précipités offrent cette structure : par exemple, l'alumine, le carbonate de plomb, etc.; ces précipités sont beaucoup plus solubles dans certaines dissolutions que s'ils possédaient une structure cristalline. Lorsqu'on les agite avec ces dissolutions, ils se dissolvent; mais peu à peu la partie dissoute se sépare de la liqueur à l'état cristallin, de sorte que la masse entière se trouve peu à peu convertie en cristaux.

Le sel ammoniac se combine avec le bichlorure de mercure pour former le sel alembroth $\dot{A}z^2H^6\text{-}H^2Cl^2+2HgCl^2+H^2O$, dont la forme coïncide avec celle du chlorure de mercure et de potassium $KCl^2+2HgCl^2+H^2O$ examiné par Bousdorff. Le bichlorure de mercure se combine avec l'ammonia-

que en deux proportions : l'une des combinaisons $2HgCl^2+Az^2H^6$ est connue depuis longtemps ; on l'obtient facilement en distillant de l'oxyde de mercure avec du sel ammoniac. La seconde combinaison $HgCl^2+Az^2H^6$ s'obtient en ajoutant de l'ammoniaque à une dissolution de sel ammoniac, et en versant ensuite goutte à goutte dans la liqueur bouillante du bichlorure de mercure dissous jusqu'à ce que le précipité qui se forme se redissolve; par le refroidissement de la liqueur, la combinaison en question se sépare sous la forme de petits cristaux qui sont des dodécaèdres réguliers comme ceux du grenat. Cette combinaison est fréquemment mêlée avec une certaine quantité de précipité blanc; l'eau la décompose. D'ailleurs, d'après l'examen de C.-G. Mitscherlich, les rapports trouvés par lui, par Kane et par Ullgren, entre le mercure, le chlore et l'ammoniaque, ne s'appliquent qu'à un corps lavé jusqu'à un *point déterminé*. Le précipité blanc consiste-t-il *en* hydrargyrate d'ammoniaque et bichlorure de mercure? alors il doit perdre 3,5 pour 100 d'eau. Kane n'a obtenu que fort peu d'eau du protochlorure de mercure, un mélange d'azote et d'ammoniaque, et a conclu de ses expériences que le précipité blanc renfermait, au lieu d'oxyde de mercure, de l'amidure de mercure; cependant, lorsqu'on chauffe le précipité blanc, on obtient, en élevant peu à peu la température, d'abord une grande quantité d'ammoniaque sans la moindre trace d'azote, ensuite du perchlorure de mercure ammoniacal qui, chauffé lui-même, commence à fondre, puis se volatilise et peut se distinguer sur-le-champ du bichlorure de mercure, en ce que, chauffé, il laisse dans la panse de la cornue un

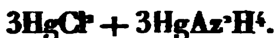
corps rouge qui, à la température de 360°, se décompose en protochlorure de mercure, mercure et azote; si l'on distille rapidement, le mercure décompose alors le perchlorure ammoniacal et il se forme du protochlorure de mercure.

On obtient le corps rouge le plus pur possible lorsqu'on maintient la température du bain d'alliage jusqu'à ce qu'il se soit formé un peu de protochlorure de mercure; il consiste en petites écailles cristallines et il a tout à fait l'aspect de l'oxyde de mercure cristallin; il est insoluble dans l'eau, inaltérable par les dissolutions aqueuses des alcalis, même à la température de l'ébullition de la liqueur. On peut faire bouillir ce composé avec de l'acide nitrique étendu ou concentré, ou de l'acide sulfurique médiocrement concentré sans qu'il soit décomposé ou dissous : par l'ébullition avec l'acide sulfurique, ou avec l'acide hydrochlorique concentré, il se décompose et se dissout; il ne se dégage pas de gaz; la dissolution hydrochlorique contient du bichlorure de mercure et de l'ammoniaque.

Chauffé au-dessus du point d'ébullition du mercure, il dégage de l'azote et il se sublime du mercure et du protochlorure de mercure; ces trois produits ont été dosés dans plusieurs opérations; le résultat conduit à la formule $2HgCl^2 + Hg^3Az^2$, qui représente une combinaison de bichlorure de mercure avec de l'azoture de mercure; on ne parvient pas à isoler l'azoture du mercure, soit qu'on fasse arriver du gaz ammoniac sur la matière chauffée, soit qu'on chauffe avec précaution l'oxyde de mercure ammoniacal.

Il résulte de la composition du chloro-azoture mercuriel, que le précipité blanc ne consiste

point en un atome de bichlorure de mercure combiné avec un atome d'amidure de ce métal, mais en trois atomes des deux substances



$$3HgCl^2 + 3HgAz^2H^4.$$

La chaleur en sépare deux atomes d'ammoniaque $2Az^2H^6$ et un atome de bichlorure de mercure; deux autres atomes de bichlorure se combinent avec un atome d'ammoniaque pour former le bichlorure ammoniacal, de telle sorte que les $\frac{2}{3}$ de l'ammoniaque se dégagent à l'état libre. Le bibromure de mercure se comporte de la même manière que le bichlorure à l'égard de l'ammoniaque, de telle sorte qu'en chauffant aussi l'oxybromide de mercure, il se sépare du bibromure de mercure ammoniacal, et il reste le bromo-azoture de mercure. Le mercure se comporte dans ces composés de la même manière que le potassium à l'égard de l'ammoniaque : le corps olivâtre qui se forme par l'action du potassium sur l'ammoniaque sec est de l'amidure de potassium $3KAz^2H^4$, et la substance qui a l'aspect du graphite et que l'on obtient en chauffant de l'amidure, est de l'azoture de potassium K^3Az^2; dans cette réaction il se dégage de l'ammoniaque.

On obtient l'oxyde d'antimoine par la voie humide et par la voie sèche, cristallisé sous deux formes, en octaèdres réguliers et en prismes; il se forme par la voie sèche, et en grande quantité, dans les usines où l'on traite les minerais d'antimoine sulfuré; Bonsdorff et Zinkin l'ont obtenu de cette manière. Les octaèdres reposent souvent sur les prismes; on reconnaît aisément au chalumeau que ce ne sont point des cristaux d'acide arsénieux. On obtient l'oxyde d'antimoine par la

voie humide en dissolvant cet oxyde dans une solution bouillante de soude et en laissant refroidir la liqueur à l'abri du contact de l'air; on obtient quelquefois par ce moyen des octaèdres réguliers mesurables; lorsqu'on décompose une dissolution d'émétique par l'ammoniaque, la soude, la potasse (cette dernière seulement ne doit pas être employée en excès), ou par les carbonates alcalins, il se sépare au bout de quelque temps de l'oxyde d'antimoine, mais en cristaux si petits, qu'on ne peut reconnaître leur forme qu'à l'aide du microscope; ils paraissent être des octaèdres. Lorsqu'on verse dans une dissolution bouillante de carbonate de soude, une dissolution également bouillante de protochlorure d'antimoine, il se sépare de l'oxyde d'antimoine sous forme de prismes tout à fait semblables à ceux qu'on trouve dans la nature.

Lorsqu'on décompose à froid une dissolution de protochlorure d'antimoine par un alcali ou un carbonate alcalin, on obtient un précipité floconneux qui, par la dessiccation, se transforme en une poudre où l'on peut reconnaître des octaèdres; cet effet se produit même le plus souvent pendant le lavage. Par la voie humide on ne peut obtenir aucune combinaison alcaline de l'oxyde d'antimoine, commé H. Rose l'a fait voir dans certains cas; mais si l'on fond de l'oxyde d'antimoine avec du carbonate de soude, il se dégage de l'acide carbonique en quantité telle, que l'oxygène de l'oxyde d'antimoine se trouve être à celui de la soude :: 3 : 1; si l'on arrose la masse avec de l'eau, la liqueur contient alors de la soude caustique. L'acide arsénieux se combine avec l'acide tartrique et avec l'acide paratartrique, pour former des combinai-

sons salines analogues à celles de l'oxyde d'antimoine, lesquelles ont été décrites dans un mémoire antérieur à celui-ci.

On ne peut obtenir en cristaux déterminables que l'antimoniate de soude; le mieux est de décomposer une dissolution aqueuse d'antimoniate de soude par la soude; l'antimoniate de soude préparé avec l'acide antimonique obtenu lui-même par la décomposition du perchlorure d'antimoine, s'est présenté sous la forme de prismes carrés à face terminale droite. Les arêtes terminales et latérales des cristaux sont toujours intactes, ce qui n'a pas lieu pour les prismes de l'oxyde d'antimoine; les prismes sont souvent tellement surbaissés, qu'ils se présentent à l'état de tables. On trouve ces cristaux dans beaucoup de circonstances où l'antimoniate de soude peut se former. Les essais faits pour produire l'antimonite de soude en *cristaux*, d'après le mode de préparation prescrit pour *ce sel*, n'ont eu aucun succès; toutes les fois *qu'il* s'est formé des cristaux, ils consistaient en antimoniate de soude. Les degrés d'oxydation de l'antimoine ont été étudiés, comme on sait, par Berzélius, et déterminés avec exactitude; d'après ses recherches, l'acide antimonieux peut être considéré comme composé d'un atome d'acide antimonique, ou d'un atome d'oxyde d'antimoine. Il aurait une constitution analogue à celle que M. Berzélius aurait assignée pour la première fois à l'oxyde de fer magnétique.

On a préparé l'acide antimonieux en chauffant le sous-nitrate d'antimoine, et en calcinant fortement l'acide antimonique obtenu par la décomposition du perchlorure; on a fondu cet oxyde dans une cornue avec du protosulfure d'antimoine, et

l'on a déterminé sa teneur en oxygène par la quantité d'acide sulfureux dégagé; l'oxyde que l'on a examiné contenait, comme Berzélius l'a trouvé, 24,5 pour 100 d'oxygène. Cette substance a été fondue avec du carbonate de soude, ce qui a dégagé l'acide carbonique, soumise à l'ébullition avec beaucoup d'eau, et filtrée. Sa dissolution a été saturée par l'acide hydrochlorique, ce qui a déterminé un précipité blanc, consistant en grande partie en oxyde d'antimoine; la partie insoluble dans l'eau a été dissoute dans l'acide hydrochlorique, et la dissolution étendue précipitée par le carbonate de soude; ce précipité consistait principalement en acide antimonique, avec un peu d'oxyde d'antimoine. On a employé l'acide tartrique pour l'essai de ces précipités. L'oxyde d'antimoine forme, avec cet acide, un sel soluble facilement cristallisable bien connu; l'acide antimonique une combinaison très-soluble qui se dessèche à l'air sans que la masse offre le moindre indice de cristallisation. Le premier précipité ne donne pour ainsi dire que des cristaux d'émétique, le second donne aussi des cristaux d'émétique, mais beaucoup plus de combinaison non cristallisée; comme celle-ci empêche la cristallisation de l'émétique, il n'a pas été possible de déterminer la proportion réelle d'émétique. Lorsqu'on dissout l'oxyde d'antimoine dans la soude, il se sépare au bout de quelque temps, lorsque la liqueur a le contact de l'air, des cristaux d'antimoniate de soude; les mêmes cristaux se forment lorsqu'on expose à l'air une dissolution chaude de sulfure d'antimoine dans le carbonate de soude, tant que celle-ci peut attirer l'oxygène; ils sont fréquemment mêlés au kermès.

Berthier avance que, par l'action de l'acide ni-

trique sur l'antimoine, il se forme de l'oxyde d'antimoine, de l'acide antimonieux et de l'acide antimonique. Lorsqu'on emploie l'acide nitrique étendu et froid, il se fait un composé cristallin qui est un nitrate basique d'antimoine; mais si l'on emploie de l'acide nitrique concentré et bouillant, si l'on sépare l'excès d'acide nitrique par le carbonate de soude, et si l'on fait ensuite digérer la combinaison obtenue avec une dissolution d'acide tartrique, elle se dissout complétement; par l'évaporation on obtient d'abord beaucoup d'émétique, et à la fin la combinaison qui se dessèche à l'air, laquelle renferme du tartrate double de potasse et d'acide antimonique; c'est la substance que Berzélius avait déjà observée, et dans laquelle il avait supposé une modification de l'oxyde d'antimoine. Lorsqu'on traite la combinaison oxydée de l'antimoine obtenue au moyen de l'acide nitrique concentré, par une solution bouillante de soude jusqu'au refus de dissolution, qu'on ajoute ensuite un léger excès de soude, il se sépare de la dissolution par refroidissement de l'antimoniate de soude, tandis qu'il reste de l'oxyde d'antimoine dissous.

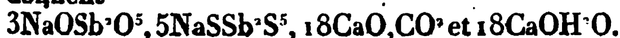
Lorsqu'on fait digérer du persulfure d'antimoine (soufre doré) avec la soude, il se forme le persulfure antimonosiodique connu, et de l'antimoniate de soude qui reste indissous; la dissolution fournit le sulfure double en cristaux; elle ne contient point d'hyposulfite de soude; on pourrait en conclure que le soufre doré est une combinaison définie d'antimoine et de soufre, mais d'autres expériences viennent contredire cette opinion; car on peut lui enlever le soufre qui se trouve en plus de la combinaison protosulfurée de l'antimoine, à

la température même de l'ébullition du soufre ; on peut également séparer le soufre par les dissolvants, au moyen du sulfure de carbone, par exemple.

Cette réaction n'est pourtant pas décisive, car en faisant digérer ensemble de l'oxyde d'antimoine, du soufre et de la soude, l'oxyde d'antimoine cède les $\frac{2}{5}$ de son métal au soufre, qui forme ainsi du persulfure; et l'oxyde d'antimoine se trouve converti en acide antimonique; cette décomposition a également lieu lorsqu'on fait bouillir ensemble du protosulfure d'antimoine, du carbonat de soude, du soufre, de la chaux et de l'eau; par suite, la recette de la préparation du soufre doré doit être changée; on en obtient la plus forte proportion en employant 18 parties de protosulfure d'antimoine, 12 parties de carbonate de soude anhydre, 13 parties de chaux et 3 $\frac{1}{4}$ de soufre, car


$8Sb^2S^3$, $18NaOCO^2$, $6S$ et $36CaO$

donnent


$3NaOSb^2O^5$, $5NaSSb^2S^5$, $18CaO,CO^2$ et $18CaOH^2O$.

L'excès de chaux accélère la décomposition du carbonate de soude.

---

6. *Note sur la chaleur de combustion du* CARBONE *et de l'*OXYDE DE CARBONE; par M. Ebelmen. (An. de Ch., t. 74, p. 442.)

Dans la séance de l'Académie des sciences du 11 mai dernier, M. Hess, en lui communiquant quelques résultats calorifiques obtenus dans certaines combinaisons chimiques, a fait remarquer que les lois qu'il en déduit s'appliquent aux re-

cherches de M. Dulong en ce qui concerne la combustion du carbone, et que, dans cette combustion, la quantité de chaleur dégagée par le premier atome est à la quantité dégagée par le second : : 3 : 2. Si donc on admet avec M. Hess que la quantité de chaleur dégagée dans une combinaison est constante, soit que la combinaison s'opère directement, soit qu'elle ait lieu indirectement et à différentes reprises, on devra en conclure que l'acide carbonique doit dégager de la chaleur en se transformant en oxyde de carbone, puisque deux atomes d'oxygène employés à produire de l'oxyde de carbone dégagent 6 de chaleur, tandis qu'ils n'en dégageraient que 5 s'ils étaient employés à produire de l'acide carbonique.

Les conséquences présentées par M. Hess étant fort importantes pour l'explication des phénomènes qui se passent dans les hauts-fourneaux, j'ai voulu vérifier les calculs qui leur servent de base, et j'ai reconnu qu'il y avait eu erreur dans la manière dont ils avaient été faits, et que les résultats à en déduire étaient directement opposés à ceux qui ont été énoncés.

En prenant la moyenne des quatre expériences faites par M. Dulong sur la combustion du charbon, on trouve que 1 litre de vapeur de carbone donne par sa combustion complète 7.858 unités de chaleur.

En comparant ce nombre avec celui obtenu par M. Despretz (7.815 unités pour 1 en poids de charbon), on voit évidemment que M. Dulong a admis que l'acide carbonique renfermait $\frac{1}{2}$ volume de vapeur de carbone et 1 volume d'oxygène condensés en un seul volume, puisque, dans

cette supposition, 1 litre de vapeur de carbone pèserait 1gr.,018.

Ainsi donc, 1 litre de vapeur de carbone produit, par sa combustion, 2 litres d'acide carbonique et dégage 7.858 unités de chaleur.

Or, 2 litres d'oxyde de carbone renfermant 1 litre vapeur carbone, consomment un litre oxygène, et donnent en brûlant 2 volumes acide carbonique et 6.260 unités de chaleur.

La quantité de chaleur dégagée par la transformation de 1 litre vapeur de carbone en oxyde de carbone a donc été seulement de 1.598 unités, ou 0,2034 de la quantité totale de la chaleur dégagée par la combustion complète du charbon. La quantité de chaleur dégagée par la combinaison du premier atome d'oxygène, est à celle dégagée par la combinaison du second : : 0,257 : 1 ou presque exactement : : 1 : 4.

Il est facile de conclure de ces nombres l'abaissement de température que doit éprouver l'acide carbonique, supposé pur, en se transformant en oxyde de carbone. En effet :

1 litre d'acide carbonique contient $\frac{1}{2}$ litre vapeur de carbone, dont la combustion complète a donné 3.929 unités de chaleur.

1 litre d'acide carbonique dissout $\frac{1}{2}$ litre vapeur de carbone et donne 2 litres d'oxyde de carbone, dont la combustion donnera 6.260 unités.

Il y a donc eu 10.189 unités de chaleur dégagée. Or, comme il n'y a en tout qu'un litre vapeur de carbone brûlé, sa combustion ne doit donner que 7.858 unités de chaleur. La différence 2.331 représente donc la quantité de chaleur absorbée et rendue latente par 1 litre d'acide

carbonique en se transformant en 2 litres d'oxyde de carbone.

Les 2 litres d'oxyde de carbone formé pèsent $2^{gr.},514$. La chaleur spécifique de ce gaz, étant, d'après de Laroche et Bérard, 0,2884, on trouve que 2 litres dégagent en se refroidissant de 1° une quantité de chaleur représentée par 2,514 × 0,2885 = 2727. L'abaissement de température qui doit résulter de l'absorption de 2.331 unités de chaleur rendue latente, sera donc $\frac{2331}{0,727}$ = 3,206 at.

Ces calculs supposent que la quantité de chaleur dégagée par la combinaison est la même, soit que cette combinaison s'opère directement, soit qu'elle ait lieu à différentes reprises. Cette loi, qui a été annoncée par M. Hess, paraît, du reste, conforme à toutes les analogies.

L'erreur dans laquelle est tombé M. Hess provient de ce qu'il a admis dans l'acide *carbonique*, 1 volume de vapeur de carbone et 1 volume d'oxygène condensés en un seul, ce qui donne à la vapeur de carbone une densité deux fois plus faible que celle adoptée par M. Dulong.

---

7. *Du* POUVOIR CALORIFIQUE DES DIVERS CHARBONS DE TERRE *d'après la proportion d'eau évaporée pendant leur combustion ; par* M. Fife. (Édinb. Journ., avril 1841.)

On admet généralement que la quantité de chaleur que dégagent, en brûlant, les combustibles qui sont composés de carbone, d'hydrogène, d'oxigène et d'azote, est proportionnelle à la quantité d'oxigène qu'ils exigent pour leur com-

bustion complète ; et l'on détermine cette quantité d'oxigène par la quantité de plomb qu'ils produisent quand on les fond avec de la litharge. Mais ce moyen exact et facile d'évaluer la valeur calorifique d'un combustible, excellent en théorie, peut avoir peu de valeur dans l'application. En effet, il n'arrive jamais que toute la chaleur dégagée soit utilement employée, et la disposition des appareils, la nécessité d'un courant d'air, amènent toujours une perte qui, dans quelques cas, va jusqu'à la moitié. La production fréquente de matières inflammables gazeuses qui échappent à la combustion est une nouvelle cause de déperdition du calorique. C'est là sans doute ce qui fait que moins les combustibles renferment de matières volatiles, y compris l'hydrogène, qui théoriquement devrait donner tant de chaleur, plus aussi est grande la quantité réelle d'eau qu'ils peuvent évaporer.

J'ai fait des essais d'évaporation directs, soit dans de petits fourneaux, soit dans des appareils considérables, et j'ai pris toutes les précautions convenables pour que la combustion fût aussi complète et aussi rapide que possible, et j'ai obtenu les résultats suivans :

La houille grasse d'Écosse contenant

Charbon.	0,505
Cendres.	0,075
Matières volatiles. .	0,420

a évaporé 6,22 de son poids d'eau. D'après l'essai avec la litharge, elle aurait dû en évaporer 9,48 : perte, 28,97 pour cent.

De l'anthracite contenant

Charbon.	0,713
Cendres.	0,108
Matières volatiles. .	0,179

a évaporé 7,94 d'eau. D'après l'essai à la litharge, elle aurait dû en évaporer 10,78 : perte, 19 p. 0/0.

D'après Schafthæutl, une anthracite pure contenant 0,924 de charbon, a évaporé 10,56 d'eau. Selon l'essai avec la litharge, elle aurait dû en évaporer 12,3 : perte, 14 pour cent.

La perte de chaleur est donc d'autant plus grande que le combustible renferme une plus forte proportion de matières volatiles; et il paraît que la quantité réelle d'eau qu'un combustible peut évaporer est sensiblement proportionnelle à la quantité de charbon qu'il laisse à la calcination et déduction faite des cendres.

On peut expliquer l'inutilité des parties volatiles par l'absorption considérable de calorique latent nécessaire à la gazéification de l'hydrogène carboné au moment de sa formation, calorique qui est simplement restitué au foyer par l'incomplète combustion des matières volatiles.

Beaucoup de moyens ont été proposés pour remédier au grave inconvénient de l'imparfaite combustion des gaz, aucun n'atteint le but d'une manière absolue; mais on peut citer comme les meilleurs : 1° l'introduction du combustible à l'entrée du foyer, de telle manière que les matières gazeuses produites rencontrent de l'air chaud dans le passage, et soient ainsi consumées; 2° le procédé de M. William, qui consiste à faire arriver l'air en petits filets dans le fourneau; 3° et enfin celui de M. Ivison d'Edimbourg, dans lequel on introduit de petits jets de vapeur d'eau à l'entrée du foyer et immédiatement à la surface du combustible. Ce dernier moyen paraît donner des résultats économiques d'un avantage aussi grand qu'inattendu.

8. *Recherches* THERMO-CHIMIQUES ; par M. Hess. (An. de Ch., t. 74, p. 80.)

J'ai déjà publié une note dans laquelle j'avais pour but d'établir la loi suivante : *deux substances se combinant en plusieurs proportions, les quantités de chaleur dégagées par chacune de ses combinaisons se trouvent entre elles en proportions multiples.*

De nouvelles expériences, faites sur les combinaisons de l'acide sulfurique et de l'eau, m'ont donné les résultats suivants :

	Chaleur dégagée.	
$\dddot{S} + H$	310,4	8
$\dot{H}\dddot{S} + \dot{H}$	77,9	2
$\dot{H}^2\dddot{S} + \dot{H}$	38,9	1
$\dot{H}^3\dddot{S} + \dot{H}$	38,9	
$\dot{H}^6\dddot{S} + 2\dot{H}$	38,9	
	504,9	

D'après ces chiffres, on doit obtenir, en mêlant avec de l'eau en excès :

$\dddot{S}$	504,9
$\dot{H}\dddot{S}$	194,5
$\dot{H}^2\dddot{S}$	116,7
$\dot{H}^3\dddot{S}$	77,8
$\dot{H}^6\dddot{S}$	38,9

L'accord entre ces nombres est tel, qu'ils

prouvent parfaitement la loi des proportions multiples pour les quantités de calorique dégagées.

Une combinaison ayant eu lieu, la quantité de chaleur dégagée est la même, soit que la combinaison s'opère directement, soit qu'elle ait lieu d'une manière indirecte et à diverses reprises.

Des expériences faites avec l'acide sulfurique et l'ammoniaque, ont donné pour la chaleur dégagée, par la saturation d'une partie d'acide $\dddot{S}$ par l'ammoniaque.

Acide.	Chaleur dégagée par l'eau.	Chaleur dégagée par l'ammoniaque.	Somme.
$\dot{H}\dddot{S}$	595,8	—	595,8
$\dot{H}^2\dddot{S}$	518,9	77,8	596,7
$\dot{H}^3\dddot{S}$	480,5	116,7	597,2
$\dot{H}^6\dddot{S}$	446,2	155,6	601,8
		Moyenne	597,9

Comme l'acide anhydre dégage en tout 510,1, et que pour avoir la quantité qu'il dégage, pour donner $\dot{H}^6\dddot{S}$, il faut retrancher de ce nombre 38,9, la somme de chaleur dégagée par l'acide supposée anhydre, et se combinant avec l'ammoniaque liquide, serait 1069. 1.

L'expérience faite avec l'acide sulfurique et la potasse caustique hydratée donne, pour la somme de la chaleur dégagée par la potasse et par l'eau, 601.

Pour la soude, on a 608,7.

Pour la chaux, 642,6. On peut se demander pourquoi ce chiffre est plus fort que les précédents. Il peut y avoir à cela deux causes, 1° les deux atomes d'eau, combinés au sulfate, dégagent nécessairement de la chaleur, ou ce ne serait pas une combinaison chimique ; 2° en second lieu, on pourrait attribuer ce résultat à la solidification de l'acide sulfurique. En effet, je me suis assuré que quand le plâtre lie, pour 1 d'acide sulfurique $\dddot{S}$, il y a 36, 5 de chaleur dégagée.

L'acide muriatique le plus concentré que l'on connaisse à l'état liquide est $\dot{H}^6 + H\,Cl$, il contient 0,402 d'acide anhydre, et sa densité est de 1, 2.

L'acide $\dot{H}^{12}\ \dot{H}\ Cl$, qui contient 0,252 d'acide anhydre, et dont la densité est de 1,125, dégage encore 50,84 de chaleur pour un atome, quand on le mêle avec l'eau. Le même acide, en le saturant d'ammoniaque, dégage 369,64 de chaleur ; en le saturant de potasse, il en dégage 361, 9, et en le saturant de soude, 368, 2.

---

9. *Recherches sur les* MATIÈRES RÉFRACTAIRES; par M. Gaudin. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 947.)

La silice en fusion est la matière la plus ductile qui existe ; jamais elle ne se cristallise ni ne se casse en se refroidissant, quelque brusque que soit le refroidissement. Ses fils sont plus fins et plus flexibles que ceux du verre.

Pendant le travail au chalumeau, la volatilité de la silice est si manifeste, que c'est la raison qui

s'oppose à ce qu'on puisse en fondre des globules de plus de trois millimètres de diamètre. A cette grosseur ils diminuent à vue d'œil par la vaporisation rapide que cause la haute température nécessaire pour compenser le refroidissement dû à la vaporisation superficielle. Quoique la silice fondue ne soit jamais bien fluide, on peut l'étirer en fils aussi fins que des fils d'araignée : ces fils ont l'aspect irisé et l'on peut les nouer et les rouler dans la main de manière à en faire une petite pelotte ressemblant à du coton.

Les fils de grès, de pierre meulière et de silex sont d'un blanc nacré magnifique.

L'alumine ne file nullement, tant est grande sa tendance à cristalliser.

L'amiante, le grenat almandin et l'émeraude filent très-bien, et on pourrait filer les deux premiers au rouet.

Avec les globules de silice j'ai fait des *lentilles* de microscope d'une clarté prodigieuse, et qui sont bien près d'être achromatiques, tant le pouvoir dispersif de cette substance est faible.

---

10. *Moyen d'obtenir avec une lampe d'Argand ordinaire une grande intensité de* LUMIÈRE ; par M. Herschell. (Phil. Mag., mars 1840.)

Ce moyen consiste à élever la cheminée de verre de manière que son bord inférieur soit distant du bord supérieur de la mèche d'environ un quart de diamètre de celle-ci. Ce changement peut s'adapter à toute espèce de lampes en fixant au bord qui supporte la cheminée quatre fils de fer un peu roides et courbés de manière à former

quatre longs crochets sur lesquels repose le bord inférieur de la cheminée.

On remarque qu'alors la flamme diminue un peu de diamètre, s'allonge, cesse de donner de la fumée et qu'elle atteint une intensité de lumière remarquable. D'ailleurs cette augmentation de lumière n'est pas accompagnée d'une consommation d'huile correspondante.

---

11. *De la meilleure manière de brûler le* GAZ DE LA HOUILLE *pour obtenir de la* LUMIÈRE *ou de la* CHALEUR ; par M. Robison. (Edinb. Jour., avril 1840.)

Pour qu'un jet de gaz répande le maximum de lumière, il faut lui laisser prendre toute la hauteur qu'il peut acquérir sans fumer.

Quel que soit le diamètre du jet, le diamètre de la cheminée ne doit pas l'excéder d'un demi-pouce, et la hauteur de cette cheminée ne doit pas excéder quatre pouces au-dessus de l'ouverture par laquelle s'échappe le gaz. Il faut que le verre soit maintenu dans une position bien verticale pour qu'il ne soit exposé ni à se ramollir ni à se casser.

Les meilleures cheminées sont celles qui sont en usage pour les lampes d'Argand, qui ont deux diamètres, dont l'un est fort inférieur à l'autre. Il faut les ajuster de manière que le bord du jet soit de niveau avec le second tube qui doit le dépasser de quatre pouces. On noircit le tube inférieur, ce qui cache le bec, et alors il semble que la lumière sorte d'une épaisse bougie.

On a proposé de fournir aux becs un courant

d'air chaud en ayant une cheminée extérieure d'un diamètre qui dépasse un peu celui du verre intérieur. Cette cheminée extérieure descend au-dessous du bec et est fermée en bas par une lame métallique. L'air qui doit alimenter la flamme s'échauffe en passant entre les deux cheminées; il entre dans le verre intérieur et le jet, et sert ainsi à la combustion. Ce procédé peut être utile pour des becs mal faits et des cheminées trop élevées, mais il n'ajoute rien à l'éclairage produit par les appareils qui remplissent les conditions ci-dessus énoncées.

Lorsque l'on veut employer le gaz de la houille à produire de la chaleur, on fait passer un courant de ce gaz, mélangé d'air atmosphérique, dans un large tube vertical dont la partie supérieure est fermée par un disque de toile métallique, et on allume le mélange immédiatement au-dessus de cette toile.

Des appareils de ce genre ont été appliqués depuis peu à un grand nombre d'usages. Pour les cuisines ordinaires, les cylindres doivent avoir trente pouces de longueur et trois ou quatre pouces de diamètre, et le tissu métallique qui les recouvre doit contenir trente fils par pouce. Le tissu qui sert aux lampes de sûreté est très-propre à cet usage.

Dans le mélange de gaz et d'air convenablement fait il n'y a pas d'oxygène libre, et la combustion est plus lumineuse; un tel jet est commode pour travailler les métaux sans les oxyder et sans incommoder l'ouvrier.

---

12. *Appareil* ÉLECTROTYPE; par M. Boquillon. (J. de pharm., t. 27, p. 216.)

Cet appareil sert à prendre des empreintes de médailles. Il se compose d'un vase de verre A (*Pl. V*, *fig.* 1) fixé sur une planche B, qui supporte une tige de cuivre C : à cette tige est adapté un fil de même métal D qui peut s'enlever au besoin et qui soutient un disque également de cuivre E qui plonge dans le vase A. On introduit dans ce vase une espèce d'entonnoir tronqué F, ouvert intérieurement et destiné à supporter un autre vase de verre cylindrique dont le fond H est formé par une baudruche ou une vessie; un disque de zinc I, suspendu à un fil de cuivre K, qui s'adapte comme le premier à la tige C, plonge dans le vase supérieur G.

On place sur le disque de cuivre la médaille ou le bas-relief dont on veut prendre l'empreinte; on le fixe avec de la cire, et on enduit d'un corps non conducteur toutes les parties que l'on ne veut pas recouvrir de métal. On met dans le vase inférieur une solution de sulfate de cuivre qui doit toujours être au même état de saturation, ce que l'on obtient en plaçant des cristaux de ce sel autour du vase supérieur, dans l'espace qui le sépare de l'entonnoir vertical. On verse dans le vase supérieur de l'eau légèrement acidulée d'acide sulfurique.

L'action chimique qui résulte du contact de l'eau acide et du disque de zinc détermine un courant électrique qui décompose la solution de sulfate de cuivre. Le disque inférieur, électrisé négativement, attire à lui les molécules de métal, tandis que l'oxygène et l'acide sulfurique, traversant la

membrane, se portent sur le disque de zinc.

On obtient une empreinte en creux en plaçant sur le disque de cuivre la médaille elle-même que l'on veut reproduire; mais si l'on y place un cliché de cette médaille, cliché qui se fait le plus souvent en zinc ou en plomb, on obtient une empreinte en relief.

L'objet dont on veut prendre l'empreinte peut très-bien n'être pas métallique : il suffit de rendre sa surface conductrice au moyen d'une légère couche de graphite très-divisé, ou mieux encore d'argent en coquille.

---

13. *Notice sur un mémoire relatif à la généralité du* Magnétisme; par M. Haldat. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 950.)

Il résulte des expériences que j'ai faites en suspendant à des fils très-fins, entre deux *aimants*, des aiguilles préparées avec diverses matières et que je faisais osciller, que le fluide magnétique exerce son influence sur tous les corps, mais à des degrés très-différents, et si différents que, tandis que quelques-uns manifestent leur puissance dans toute circonstance, et sans aucune influence étrangère, il y en a dans lesquels elle ne devient apparente que quand ils sont en rapport avec des corps qui en jouissent au plus haut degré.

---

14. *Appareil pour mesurer les* Gaz; par M. Persoz. (Ann. de Ch., t. 75, p. 21.)

L'ensemble de l'appareil se compose d'une cuve

à mercure proprement dite *a*; elle est de fonte, de la forme d'un cylindre étranglé dans sa partie inférieure, et se termine par un tuyau également cylindrique *a'*; cette cuve est supportée par trois pieds en fer forgé *b*, *b*, *b*, liés ensemble, et fixés à la cuve *a* par les cercles *c*, *c*, et les écrous en fer *c'*, *c'*, *c'*, *c'*. A la partie inférieure du tuyau *a'* est fixé, à l'aide de solides boulons, un disque en fer *d* muni d'une rondelle; ce disque *d* est percé d'un trou où se place un tube en verre *e* courbé à angle droit. Ce même tube *e*, exactement scellé au disque *d* à l'aide du mastic, communique d'une part avec l'appareil dont le gaz doit se dégager, et de l'autre avec la partie supérieure du vase gradué, dans lequel doit se faire l'évaluation du volume de gaz. Sur les bords supérieurs de la cuve de fonte se trouvent implantées à égale distance, et à l'aide d'un pas de vis, trois tringles en fer T, T, T, destinées à maintenir la cloche graduée G dans une position verticale. Pour que ces tringles ne puissent pas elles-mêmes dévier de la verticale, elles sont fixées par leurs parties supérieures, à l'aide d'écrous, à un cercle de fer qui les rend ainsi immobiles. (*Voy. Pl. V, fig.* 2 *et* 3.)

La cloche G n'a besoin d'être graduée qu'à ses deux parties étranglées Q et P, puisque, dans une expérience bien faite, ce n'est que là que doit s'effectuer le mesurage du gaz.

Maintenant, il ne nous reste plus qu'à dire un mot du jeu de l'appareil, pour faire comprendre l'emploi de deux pièces dont il n'a pas encore été fait mention ici. Lorsqu'on veut, dans une expérience, évaluer le volume du gaz dégagé, on abaisse entièrement la cloche de verre graduée G, et l'on évalue, dans sa partie étranglée Q, la

petite quantité d'air qui a pu rester dans l'appareil. Mais on comprend que le volume de la cloche et la différence de densité du verre et du mercure s'opposent à ce que la cloche puisse se maintenir seule dans cette position; c'est pourquoi, dans sa partie supérieure Q, elle est fixée, à l'aide d'une vis de pression, à une douille en fer *m* qui, par trois ouvertures, se trouve engagée dans les tringles T, T, T, et peut ainsi à volonté être élevée ou baissée.

Le dégagement du gaz ayant commencé, on fait monter la douille *m*, la cloche s'élève peu à peu, et le niveau des colonnes de mercure intérieure et extérieure est le même. Lorsqu'il s'est dégagé une quantité de gaz suffisante pour remplir la partie renflée de la cloche graduée, le poids de celle-ci comprimerait le gaz, si l'on ne faisait usage d'un support *s* ayant la forme d'un fer à cheval, *fig.* 4, destiné à soutenir la cloche du *moment où* elle ne plonge plus dans le mercure que *par* sa partie étranglée P. Ce support, muni d'un anneau à vis situé à l'extrémité de l'une des branches du fer à cheval, glisse sur l'une des tringles T pour y être élevé ou abaissé, ou bien rendu immobile à l'aide d'une vis de pression. Enfin, en faisant décrire un demi-cercle à ce support *s*, on peut livrer passage à la cloche graduée, et la faire plonger en totalité dans la cuve à mercure. Afin de pouvoir connaître plus commodément et plus exactement le niveau de la colonne de mercure, dans l'intérieur du tube gradué, on pratique une petite ouverture *i* à la partie supérieure de la cuve *a*. Cette ouverture, d'environ 4 centimètres, est munie d'une petite glace scellée avec du mastic.

15. Hydrate d'hydrogène sulfuré. (Ann. der Pharm., janvier 1840.)

Lorsque l'on expose à un froid de 18° un mélange d'eau et d'alcool ou d'eau et d'éther acétique que l'on a saturé de gaz hydrogène sulfuré, il se forme dans la liqueur des cristaux incolores octaédriques qui paraissent être une combinaison d'eau et d'hydrogène sulfuré. Ces cristaux disparaissent quand on élève la température.

16. *Sur le prétendu* Hydrate de phosphore; par M. Marchand. (J. de Pharm., t. 26, p. 673.)

M. Pelouze considère la croûte blanche qui recouvre le phosphore comme un hydrate. M. Rose la regarde simplement comme une modification dans l'état d'agrégation. M. Mulder croit, de son côté, que c'est une combinaison d'oxyde de phosphore et d'hydrogène phosphoré.

J'ai examiné de nouveau cette substance, et j'ai reconnu que ce n'est que du phosphore, ainsi que l'a pensé M. Rose.

Lorsqu'on la fait fondre dans un tube pesé d'avance, elle reprend l'aspect du phosphore ordinaire, sans presque diminuer de poids, et il ne s'en dégage qu'une trace d'humidité, qui ne peut s'y trouver qu'à l'état hygrométrique.

17. *Mémoire sur les combinaisons du* Phosphore

avec le Soufre; par M. Dupré. (Ann. de Ch., t. 73, page 435.)

On combine aisément et sans danger le phosphore avec le soufre par le procédé suivant :

Après avoir bien desséché un vase quelconque, on y verse de l'huile de naphte en quantité suffisante; on place ce vase dans le bassin d'une balance, et de l'autre des matières convenables pour établir l'équilibre. Cela fait, on essuie avec du papier à filtrer du phosphore nouvellement *moulé*, et on en introduit une quantité arbitraire dans l'huile de naphte : l'augmentation de poids fait connaître le poids du phosphore. On pèse ensuite à part la quantité de soufre que l'on veut unir au phosphore, et on le met dans le même vase. Le soufre doit être pris en morceaux nouvellement fondus. Pour opérer la combinaison, il suffit de chauffer le vase sans aucune précaution que *celle* d'éviter de mettre le feu à la vapeur de *naphte*. Au moyen de ce procédé on n'a à craindre aucune explosion, quelle que soit la quantité de phosphure que l'on veuille former à la fois : l'huile de naphte n'est pas décomposée dans l'opération, et il ne se dégage aucun gaz.

J'ai formé de cette manière trois composés contenant pour 1 at. de soufre, 1 at., 1 $\frac{1}{2}$ et 2 at. de phosphore. Ce dernier est resté liquide à 4°; les deux autres se sont transformés, à cette température, en un corps liquide identique avec le précédent et en un corps solide qui est un protophosphure distinct. On peut obtenir ce dernier à l'état de pureté en le pressant dans du papier à filtre qui absorbe le corps liquide en totalité.

Perphosphure de soufre. Le perphosphure de

soufre est liquide, demi-transparent, d'un jaune clair, fumant à l'air, lumineux dans l'obscurité, plus facile à enflammer à l'air que le phosphore. Sa densité est de 1,80. Refroidi à —19°, il se solidifie, et ensuite on ne peut le ramener à l'état liquide qu'en le portant à + 5° + 6°. Mis en contact avec l'eau, il la rend très-acre, même quand elle a été privée d'air.

Il contient :

2 at. de phosphore. . .		392,30	P^2S
1	de soufre. . . .	201,16	

Protophosphure de soufre. Ce protophosphure est solide jusqu'à 80°; à 100° il n'est pas encore parfaitement liquide. Il est transparent, jaune clair et cristallin. Sa densité est de 2,02 (moyenne de ses éléments). Il fume peu, brille dans l'obscurité, mais moins que le phosphore. La température de 100° n'est pas suffisante pour l'enflammer à l'air; il est sans action sur l'eau. Il est composé de 1 at. de phosphore et de 3 at. de soufre.

Pour que dans la préparation des phosphures de soufre il ne reste ni phosphore ni soufre en excès, il faut évidemment, d'après leur composition, que le rapport du phosphore au soufre soit compris entre les deux fractions $\frac{196,15}{603,48}$ et $\frac{392,30}{201,16}$, ou égal à l'une d'elles.

---

18. *Préparation de l'*Arsenic ; par M. Bette. (An. der Pharm., mars 1840.)

On remplit à moitié une fiole à médecine de trois à quatre onces d'arsenic du commerce; on

ferme son ouverture avec un bouchon de craie et on chauffe au bain de sable. Au bout d'une heure tout l'arsenic se sublime et se trouve déposé dans le col de la fiole, sous forme de cristaux brillants qui peuvent se conserver longtemps sans éprouver d'altération. L'opération va d'elle-même et ne produit aucune vapeur incommode.

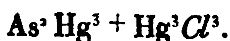
---

19. *Sur l'*HYDROGÈNE ARSÉNIQUÉ; par M. H. Rose. (Ann. de Pog., 1840, p. 438.)

J'ai préparé du gaz arséniqué en traitant par l'acide muriatique un mélange d'acide arsénique et de zinc métallique; j'ai fait passer ce gaz à travers une dissolution de chlorure de mercure. Il s'est fait dans cette dissolution un précipité jaune brun, ce qui le distingue de celui que donne l'hydrogène phosphoré. Ce précipité, desséché *sous la* machine pneumatique, est anhydre. L'eau employée en grande quantité le décompose et le change en mercure, acide hydrochlorique et acide arsénique. L'acide nitrique très-étendu le change en protochlorure de mercure, avec production simultanée d'une très-petite quantité de chloride. Quand on le chauffe en vase clos, il se change en chlorure de mercure et arsenic métallique.

Il suit de là que le précipité arsénical est formé de chloride de mercure uni à un arséniure de mercure 2As + 3Hg, correspondant à l'hydrogène arséniqué, ou de

Mercure.	0,7700
Chlore.	0,1347
Arsenic.	0,0953
	1,0000



$As^2 Hg^3 + Hg^3 Cl^3$.

Le précipité produit par l'hydrogène phosphoré a une composition analogue, mais il renferme en outre 2 at. d'eau.

L'hydrogène antimonié précipite aussi le chloride de mercure, mais la composition atomique du précipité n'est pas la même que celle des précipités que donnent les gaz hydrogène arsénié et phosphoré, ce qui prouve que ces gaz n'ont pas une analogie complète avec l'hydrogène antimonié.

---

20. *Mémoire sur la recherche de l'*Arsenic *dans les expertises judiciaires*; par M. Figuier. (J. de Pharm., t. 26, p. 614.)

La sensibilité de la méthode de Marsh pour reconnaître la présence de l'arsenic est actuellement constatée. Mais cette méthode présente plusieurs imperfections : 1° l'air des vases et l'hydrogène qui se dégagent constituent un véritable mélange détonant qui peut, lorsqu'on l'enflamme, produire la rupture des vases ; 2° il arrive très-souvent que la mousse abondante qui se développe envahit le tube et rend impossible toute opération ultérieure ; 3° une solution peu chargée d'acide arsénieux ne manifeste aucune tache sur la porcelaine si la flamme n'a qu'une faible intensité ; mais, d'un autre côté, quand le volume de la flamme est un peu considérable, ou quand l'orifice du tube est irrégulier, les taches déjà déposées sur la porcelaine disparaissent par l'effet de la volatilisation de l'arsenic.

Pour obvier à ces inconvénients, MM. Berzélius et Liebig ont proposé de décomposer le gaz en

chauffant au rouge un point quelconque du tube à dégagement, de telle sorte que l'arsenic réduit vienne se déposer à un demi-pouce de la flamme. Ce moyen est effectivement bien préférable au premier. En l'adoptant, voici comment, je crois, toute l'opération doit être conduite :

Les matières suspectes sont, comme à l'ordinaire, coupées en morceaux : on les introduit dans un ballon de verre, et on les recouvre d'une quantité d'eau convenable. On chauffe à l'ébullition pendant quatre à cinq heures; puis, quand la dissolution est bien refroidie, on sépare la graisse qui vient nager à la surface et l'on filtre. On recueille la liqueur, qui est visqueuse et rougeâtre, et qui ne passe que lentement à travers le papier; on l'évapore à siccité, après l'avoir un peu acidifiée avec de l'acide hydrochlorique; on dessèche le résidu sans le carboniser, on le reprend par l'eau, on filtre de nouveau, et l'on soumet la liqueur à un courant de chlore lavé jusqu'à ce qu'elle cesse de se troubler. En filtrant une troisième fois, on obtient un liquide jaune assez fluide, qui ne renferme plus qu'une faible proportion de matières organiques, mais qui est sursaturée de chlore. En la portant à l'ébullition dans une capsule de porcelaine, le gaz s'en dégage, et elle est alors propre à être introduite dans l'appareil de Marsh.

On dispose cet appareil de la manière suivante: Un flacon à col droit de trois quarts de litre environ porte un bouchon traversé par deux tubes, l'un, surmonté d'un entonnoir, plonge au fond du liquide renfermé dans le flacon; l'autre est un tube recourbé d'environ 7 à 8 millimètres de diamètre, et étiré à une extrémité. On place dans la partie intermédiaire de ce dernier d'abord quel-

ques morceaux de chlorure de calcium fondu, et ensuite de petits fragments de porcelaine. C'est dans cette dernière partie du tube que l'on doit appliquer la chaleur, ce que l'on fait au moyen d'une petite grille de 1 décimètre de long et de 4 à 5 centimètres de large.

Pour faire marcher l'appareil, on commence par verser, à l'aide du tube droit, dans le flacon, qui renferme une cinquantaine de grammes de zinc, de l'acide sulfurique étendu de sept fois son poids d'eau. Après avoir laissé dégager le gaz hydrogène pendant assez longtemps pour que tout l'air soit chassé, on fait rougir le tube en mettant du charbon sur la grille, et l'on introduit alors dans le flacon la décoction traitée comme il a été dit plus haut.

La mousse ne peut jamais devenir gênante; mais si l'on pouvait craindre qu'elle fît manquer l'opération, il suffirait d'introduire dans le flacon, par le tube droit, 4 à 5 grammes d'alcool pour affaisser subitement l'effervescence.

Si le liquide contient de l'arsenic, on ne tarde pas à voir se former un petit anneau miroitant dans la partie rougie du tube. Après une heure ou deux, on laisse refroidir le tube, on l'enlève, et l'on s'assure de la volatilité du métal, ainsi que des autres propriétés qui le caractérisent.

---

21. *Sur une modification de l'emploi de l'*APPAREIL DE MARSH *en médecine légale;* par M. Lassaigne. (J. de Pharm., t. 26, p. 710.)

Au lieu de recevoir la flamme du gaz hydrogène arsénié sur une capsule de porcelaine, on

fait passer le courant de gaz à travers une solution de nitrate d'argent; celle-ci se colore en brun, et la précipitation de l'argent à l'état métallique par tout l'arsenic reste dans la dissolution à l'état d'acide arsénieux. On précipite l'excès d'argent par l'acide chlorhydrique, on filtre et on traite la liqueur par les réactifs, ou même par l'appareil de Marsh, pour revivifier l'arsenic.

L'avantage de ce procédé consiste en ce qu'il permet de recueillir tout l'arsenic de l'hydrogène arsénié, tandis qu'on en perd nécessairement une partie lorsqu'on enflamme le jet de gaz pour condenser le métal sur les capsules de porcelaine.

---

22. *Recherche médico-légale de l'*ARSENIC *dans les cadavres*; par MM. Kaeppelin et Kampmann. (Compte-Rendu de l'Ac., t. 12, *p. 926.)*

Pour remédier à divers inconvénients que présente l'appareil de Marsh, savoir : la perte d'une portion de l'arsenic, la présence de la vapeur d'eau dans le gaz que l'on enflamme, la présence de l'air dans ce même gaz, et la difficulté de décomposer le gaz par la chaleur lorsque l'on opère comme le conseillent MM. Berzélius et Liebig, voici comment il faut faire l'expérience :

Un tube droit, large de $0^m,01$ plonge dans un flacon à deux tubulures contenant du zinc; de la seconde tubulure part un tube courbe communiquant à un tube renfermant du chlorure de calcium, et à ce tube en est adapté un autre de $0^m,005$ de diamètre, qui est effilé à l'extrémité libre; ce dernier tube passe dans deux trous pratiqués

au milieu d'une feuille de cuivre courbée en étrier; par ce moyen on peut, avec une lampe à alcool, chauffer le tube dans une longueur de 5 cent. environ.

Lorsque l'on veut faire usage de cet appareil, on commence par verser de l'acide hydrochlorique étendu sur le zinc. Quand on juge que tout l'air est expulsé, on chauffe le tube au rouge, on enflamme le gaz à l'extrémité effilée de ce tube, et l'on peut constater d'abord l'absence de l'arsenic dans les réactifs employés.

Après cet essai, on verse dans le flacon, par le tube droit : 1° de nouvel acide hydrochlorique; 2° du liquide présumé contenir de l'arsenic; 3° de l'acide; 4° du liquide présumé contenir de l'arsenic et ainsi de suite.

Pour peu qu'il y ait de l'arsenic, on le recueille dans la partie du tube de $0^m,005$ qui n'a pas été chauffée, et en même temps on constate, en enflammant le gaz qui se dégage par le bout effilé, et en exposant une plaque de porcelaine à la flamme, qu'aucune portion d'hydrogène arsénié n'a échappé à la décomposition.

---

23. *Recherches médico-légales sur l'*ARSENIC; par MM. Danger et Flandin (Compte rendu de l'Ac., t. 12, p. 1036).

Il n'existe pas d'arsenic normal dans la chair des animaux.

Les taches que fournissent, avec l'appareil de Marsh, les matières animales non empoisonnées, ne sont que l'effet d'une réaction des sulfites et

phosphites ammoniacaux sur une huile volatile organique sous l'influence d'une force électro-chimique.

---

24. *Note sur l'emploi de deux nouveaux procédés propres à déceler et à isoler l'*ARSENIC, *dans les matières organiques et inorganiques qui en contiennent ;* par M. Persoz. (An. de Chim., t. 74, p. 430.)

Le procédé de Marsh ne peut pas donner de résultats certains, parce que le zinc du commerce renferme toujours de l'arsenic, et que le zinc qui provient de la réduction de l'oxide pur n'a pas la propriété de décomposer l'eau. Voici deux modes d'essai qui m'ont parfaitement réussi.

1° Les matières suspectes sont traitées par l'acide nitrique, puis on étend d'eau, on fait bouillir et on laisse refroidir ; ensuite, les graisses viennent se figer à la surface ; on les enlève et on les lave. On évapore les liqueurs à consistance sirupeuse, et, si elles sont encore fortement colorées, on les traite de nouveau par l'acide nitrique, et l'on finit par évaporer à siccité. On mêle le résidu avec 2 fois 1/2 son volume de nitre, on dissout dans l'eau, on évapore à sec, après quoi on porte un point de la capsule à une température élevée, et il s'opère aussitôt une déflagration qui s'étend dans toute la masse, et qui détruit la matière organique. On enlève la matière de la capsule et on la chauffe au rouge dans un creuset de platine.

On chauffe la matière (A) dans une cornue avec un poids d'acide sulfurique égal au poids du nitre employé. Le résidu (B) resté dans la cornue con-

tient du bisulfate potassique avec les autres sels et retient en outre la totalité ou partie de l'arsenic, selon qu'il y avait ou non du chlorure. On le dissout dans l'eau et on le fait bouillir, en y ajoutant de l'acide sulfureux à diverses reprises, et on finit par chasser l'excès de cet acide. Alors l'acide arsénique se trouve ramené à l'état d'acide arsénieux, et l'on peut précipiter tout l'arsenic par un courant de gaz sulfhydrique.

On évapore à sec le produit de la distillation qui peut contenir du chlorure arsénieux; il reste de l'acide arsénique que l'on transforme en sulfure comme il vient d'être dit, au moyen de l'acide sulfureux et du sulfhydrique; enfin, on réduit le sulfure d'arsenic par l'un des procédés connus, l'argent, le carbonate de soude et le charbon, l'oxalate calcique.

2° Au lieu d'employer l'acide sulfureux pour traiter le résidu de l'action du nitre (A), on le mélange avec 1 1/2 partie de chlorure ammonique pur, et l'on chauffe dans une cornue. Tout l'arsenic se sublime à l'état d'acide arsénieux avec l'excès de chlorure ammonique. On dissout le sublimé dans de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, et l'on en précipite l'arsenic au moyen du gaz sulfidehydrique. Il faut alors examiner si le résidu restant dans la cornue ne renferme pas encore un peu d'arsenic.

Ces procédés sont également applicables à la purification des métaux arséniés.

Après avoir oxidé les minerais par le nitre, on traite le résidu par l'acide sulfurique, on fait passer dans la liqueur bouillante un courant d'acide sulfureux d'abord, et ensuite de sulfidehydrique, et l'on réunit le sulfure d'arsenic; ou bien

le résidu de la calcination avec le nitre est mélangé avec du chlorure ammonique, et calciné de nouveau, ce qui chasse en grande partie l'arsenic à l'état d'acide arsénieux. La partie fixe est traitée par l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, et précipitée par le sulfidehydrique qui en sépare tout l'arsenic qui pouvait y rester.

---

25. *Rapport sur plusieurs mémoires concernant l'emploi du* PROCÉDÉ DE MARSH *dans les recherches médico-légales*. (Commissaires : MM. Thenard, Dumas, Boussingault ; Regnault, rapporteur.) (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 1056.)

Conclusions. 1° Le procédé de Marsh rend facilement sensible $\frac{1}{1000000}$ d'acide arsénieux existant dans une liqueur : des taches commencent même à paraître avec une liqueur renférmant $\frac{1}{2000000}$ environ;

2° Les taches ne se montrent pas mieux avec une grande quantité qu'avec une petite quantité de liqueur employée dans l'appareil de Marsh. Il y a avantage à concentrer la liqueur arsenicale et à opérer sur un petit volume de liquide : on obtient ainsi des taches beaucoup plus intenses;

3° Il est de la plus haute importance d'interposer sur le passage du gaz un tube, de trois décimètres au moins de long, rempli d'amiante, ou, à son défaut, de coton, pour retenir les gouttelettes de la dissolution qui sont toujours entraînées mécaniquement par le gaz : autrement on est exposé à obtenir des taches d'oxi-sulfure de zinc qui présentent souvent l'aspect des taches arsenicales;

4° Le procédé proposé par M. Lassaigne peut donner de bons résultats, et il est surtout commode pour faire passer dans une petite quantité de liqueur une portion très-minime d'arsenic qui existe dans un grand volume de liquide, que l'on ne peut pas concentrer par évaporation, et permettre par conséquent, en traitant la nouvelle liqueur arsenicale concentrée dans un très-petit appareil de Mauh, d'obtenir des taches beaucoup mieux caractérisées. Il faut seulement bien se garder de conclure à la présence de l'arsenic, de ce que la dissolution de nitrate d'argent se trouble, et de ce qu'elle donne un dépôt pendant le passage du gaz, ce dépôt pouvant avoir lieu par des gaz non arsenicaux mélangés à l'hydrogène, et même par l'hydrogène seul, si l'on opère sous l'influence de la lumière.

On peut remplacer la dissolution de nitrate d'argent par une dissolution de chlore ou d'un chlorure alcalisé.

5° La disposition indiquée par MM. Berzélius et Liebig, et reproduite avec plusieurs améliorations utiles par MM. Kœpplin et Kampmann de Colmar, rend sensible des quantités d'arsenic qui ne se manifestent pas, ou seulement d'une manière douteuse, par les taches. Cette disposition présente en outre l'avantage de condenser l'arsenic d'une manière beaucoup plus complète. Seulement il arrivera souvent que l'arsenic se trouvera mélangé de sulfure d'arsenic, ce qui pourra altérer sa couleur, surtout si la substance arsenicale n'existe qu'en petite quantité.

C'est à cette dernière disposition que nous donnons la préférence pour isoler l'arsenic. L'appareil

doit être disposé de la manière suivante (*Pl. V, fig.* 5.) :

Un flacon à col droit A, à large ouverture, est fermé par un bouchon percé de deux trous. Par le premier de ces trous, on fait descendre jusqu'au fond du flacon un tube droit B, de un centimètre de diamètre, et dans l'autre on engage un tube de plus petit diamètre C, recourbé à angle droit. Ce tube s'engage dans un autre tube plus large D, de trois decimètres environ de longueur, rempli d'amiante. Un tube en verre peu fusible, de deux à trois millimètres de diamètre intérieur, est adapté à l'autre extrémité du tube d'amiante. Ce tube, qui doit avoir plusieurs décimètres de longueur, est effilé à son extrémité F; il est enveloppé d'une feuille de clinquant sur une longueur d'environ un décimètre.

Le flacon A est choisi de manière à pouvoir contenir toute la liqueur à essayer et à laisser encore un vide du cinquième environ de la capacité totale. On devra se rappeler cependant qu'il est important que le volume du liquide ne soit pas trop considérable, si l'on a à traiter une liqueur qui ne renferme que des traces de matière arsenicale.

Le tube de dégagement C est terminé en biseau à l'extrémité qui plonge dans le flacon, et il porte une petite boule en un point quelconque de la branche verticale. Cette disposition n'est pas indispensable, mais elle est commode, parce qu'elle condense et fait retomber dans le flacon presque toute l'eau entraînée, qui est en quantité assez considérable quand le liquide s'est échauffé par la réaction.

L'appareil étant ainsi disposé, on introduit dans

le flacon quelques lames de zinc, une couche d'eau pour fermer l'ouverture du tube de sûreté, et enfin on y verse un peu d'acide sulfurique. Le gaz hydrogène qui se dégage chasse l'air du flacon. On porte au rouge le tube dans la partie qui est enveloppée de clinquant, au moyen de charbons placés sur une grille. Un petit écran empêche le tube de s'échauffer à une distance trop grande de la partie entourée de charbons. On introduit ensuite le liquide suspect par le tube ouvert, au moyen d'un entonnoir effilé, de manière à le faire descendre le long des parois du tube afin d'éviter que l'air ne soit entraîné dans le flacon. Si le dégagement de gaz se ralentit après l'introduction de la liqueur, on ajoute une petite quantité d'acide sulfurique et l'on fait marcher l'opération lentement et d'une manière aussi régulière que possible.

Si le gaz renferme de l'arsenic, celui-ci vient se déposer sous forme d'anneau en avant de la partie chauffée du tube. On peut mettre le feu au gaz qui sort de l'appareil et essayer de recueillir des taches sur une soucoupe de porcelaine. On en obtient en effet quelquefois, quand on ne chauffe pas une partie assez longue du tube, ou lorsque celui-ci a un trop grand diamètre.

On peut également recourber le tube et faire plonger son extrémité dans une dissolution de nitrate d'argent pour condenser au besoin les dernières portions d'arsenic.

L'arsenic se trouvant déposé dans le tube, sous forme d'anneau, il est facile de constater toutes ses propriétés physiques et chimiques qui caractérisent cette substance. Ainsi l'on vérifiera facilement :

Premièrement. Sa volatilité. *Secondement*. Son changement en une poudre blanche volatile, l'acide arsénieux, quand on chauffera le tube ouvert aux deux bouts, dans une position inclinée. *Troisièmement*. En chauffant un peu d'acide nitrique ou d'eau régale dans le tube, on fera passer l'arsenic à l'état d'acide arsénique très-soluble dans l'eau. La liqueur, évaporée à sec avec précaution dans une petite capsule de porcelaine, donnera un précipité rouge brique quand on versera dans la capsule quelques gouttes d'une dissolution bien neutre de nitrate d'argent. *Quatrièmement*. Après toutes ces épreuves, on peut isoler de nouveau l'arsenic à l'état de métal. Pour cela il suffit d'ajouter une petite quantité de flux noir dans la capsule où l'on a fait la précipitation par le nitrate d'argent, de dessécher la matière et de l'introduire dans un petit tube dont une des extrémités *b* est effilée, et dont on ferme l'autre extrémité *a* à la lampe après l'introduction de la matière (*Pl. V, fig.* 6). On fait tomber la matière dans la partie évasée et l'on porte celle-ci à une bonne chaleur rouge, l'arsenic passe à l'état métallique et vient former dans la partie très-étroite du tube un anneau qui présente tous les caractères physiques de l'arsenic, même quand il n'existe que des quantités très-petites de cette substance.

6° Il est facile de trouver dans le commerce du zinc et de l'acide sulfurique qui ne manifestent pas d'arsenic dans l'appareil de Marsh.

Dans tous les cas, il est indispensable que l'expert essaye préalablement, avec le plus grand soin, toutes les substances qu'il doit employer dans ses recherches, Quelques essais préliminaires ne donneraient même pas une garantie suffisante; il

est nécessaire que l'expert fasse en même temps, ou immédiatement après l'expérience, sur les matières empoisonnées, une expérience toute semblable à blanc, en employant tous les mêmes réactifs et en même quantité que dans l'opération véritable.

Ainsi, s'il a charbonné les matières par l'acide sulfurique ou par l'acide nitrique, il devra évaporer dans des vases semblables des quantités tout à fait égales d'acides, reprendre par le même volume d'eau; en un mot, répéter dans l'expérience de contrôle, sur les réactifs seuls, toutes les opérations qu'il a faites dans l'expérience véritable.

7° Les procédés de carbonisation des matières animales par l'acide nitrique ou le nitrate de potasse, peuvent réussir d'une manière complète; mais il arrive cependant quelquefois qu'on n'est pas maître d'empêcher une déflagration très-vive à la fin de l'expérience : cette déflagration peut donner lieu à une perte notable d'arsenic. La carbonisation par l'acide sulfurique concentré, et le traitement du charbon résultant par l'acide nitrique ou l'eau régale, paraît préférable dans un grand nombre de cas. Ce procédé est toujours facile à conduire et ne donne lieu qu'à une perte très-faible d'arsenic. On évitera toute chance de perte en faisant la carbonisation dans une cornue de verre garnie de son récipient.

8° Il est de la plus haute importance que la carbonisation de la matière organique soit complète, sans quoi on obtient non-seulement une liqueur qui mousse dans l'appareil de Marsh, et cette liqueur peut donner des taches qui présentent quelquefois dans leur aspect de la ressemblance avec les taches arsenicales. Ces taches, que M. Orfila a

nommées *taches de crasse*, se produisent souvent en grande abondance quand la matière organique n'a été que partiellement détruite; elles proviennent de gaz carbonés partiellement décomposés dans la flamme, et elles se distinguent facilement par les réactions chimiques des taches arsenicales; mais elles pourraient donner lieu à des méprises très-graves, si l'expert se contentait de juger de leur nature d'après leurs caractères physiques.

9° Quant à l'arsenic que l'on avait annoncé exister dans le corps de l'homme à l'état normal, toutes les expériences que nous avons faites, tant sur la chair musculaire que sur les os, nous ont donné des résultats négatifs.

10° Le procédé de Marsh, appliqué avec toutes les précautions indiquées, satisfait au besoin des recherches médicales dans lesquelles les quantités d'arsenic, qu'il s'agit de mettre en évidence, sont presque toujours supérieures à celles que *la sensibilité* de l'appareil permet de constater; *bien* entendu qu'il doit toujours être employé comme un moyen de concentrer le métal, pour en étudier les caractères chimiques, et qu'on devra considérer comme nulles, ou au moins comme très-douteuses, les indications qu'il fournirait si le dépôt, qui s'est formé dans la partie antérieure du tube chauffé, ne permettait pas, à cause de sa faible épaisseur, de vérifier d'une manière précise les caractères chimiques de l'arsenic.

Nous ajouterons que, dans le plus grand nombre des cas d'empoisonnement, l'arsenic des matières vomies ou de celles qui sont restées dans le canal intestinal, convaincra l'expert de la présence du poison, et qu'il n'aura à procéder à la carbonisation des organes que dans les cas où les premiers

essais auraient été infructueux, ou dans ceux, très-rares, où les circonstances présumées de l'empoisonnement lui en indiqueraient la présence.

---

26. *Note sur la composition de l'*IODURE D'AZOTE; par M. Marchand. (Journ. d'Erd. t. 19, p. 1.)

Pour faire l'analyse de cette substance, je l'ai fait détoner sous une cloche de verre suffisamment grande, après l'avoir fait dessécher dans le vide, et en opérant sur des doses successives de $0^{gr.},05$ tout au plus, parce que l'expérience est fort dangereuse. Ayant recueilli une certaine quantité du dépôt qui se forme sur les parois de la cloche, j'ai trouvé qu'il renfermait, de la manière la moins douteuse, de l'hydriodate d'ammoniaque, ce qui démontre l'existence de l'hydrogène dans ce composé.

La formule $J^2Az^2H^4$ étant d'ailleurs tout aussi vraisemblable que J^2Az, il convient de bannir cette dernière.

Calculée en nombres la formule $J^2Az^2H^4$ donne :

J^2	1579,50	0,8866
Az^2	177,07	0,0994
H^4	24,96	0,0140
	1781,53	1,0000

---

27. *Nouvelle préparation de l'*IODURE D'AMIDON; par M. Bettiger. (Ann. der Phar., mars 1840.)

On dissout dans de l'iodure de potassium à la

température de l'ébullition, de l'amidon de pomme de terre broyé auparavant avec un peu d'eau froide; on filtre, et on ajoute à cette dissolution une quantité de chlore en solution dans l'eau équivalente à l'iode de l'iodure. L'iodure d'amidon se dépose immédiatement sous forme de flocons épais, bleu foncé; on lave et on sèche. Cette matière est bien réellement une combinaison chimique d'iode et d'amidon.

---

28. *Nouveau procédé pour préparer le* SILICIUM; par M. Hare. (Institut., n° 348, p. 290.)

Une cloche en verre renversée sur le mercure est remplie d'acide fluosilicique, et au moyen d'un fil courbé on y introduit à travers le mercure une cage en fil métallique contenant une suffisante quantité de potassium, et on la *place* au centre de la cloche. On fait un peloton au bout du fil métallique, on le chauffe au rouge blanc, on le passe à travers le mercure et l'on touche la cage : le potassium entre en incandescence et met le silicium à nu. Une assez grande quantité de celui-ci reste sur les barreaux de la cage avec le fluorure de potassium formé, mais on peut le séparer au moyen de l'eau froide et par la digestion dans l'acide nitrique.

---

29. *Recherches sur le véritable poids atomique du* CARBONE; par MM. Dumas et Stass. (Compte rendu de l'Ac., t. 11, p. 992.)

Nous avons fait trois séries d'expériences, en

brûlant, par du gaz oxygène pur, du graphite naturel, du graphite extrait de la fonte et du diamant.

Le graphite le plus pur en apparence exige un traitement long et compliqué, si on veut le débarrasser de tout corps oxydable, voici la marche qui nous a semblé la meilleure. Pour le débarrasser des matières terreuses on le chauffe au rouge avec de la potasse ; on délaye la masse dans l'eau et on lave le graphite restant. On le fait ensuite bouillir dans de l'eau régale pour en extraire l'oxyde de fer et les bases. Enfin on expose le résidu à l'action d'un courant de chlore sec et à une chaleur presque blanche pendant douze ou quinze heures. On est étonné que des produits qui ont longtemps bouilli avec de l'eau régale soient encore propres à dégager par ce moyen du chlorure de fer pendant des heures entières. C'est pourtant ce qui arrive.

Tous les diamants que nous avons brûlés ont laissé un résidu qui consiste tantôt en un réseau spongieux, d'une teinte jaune rougeâtre, tantôt en parcelles jaune paille et cristallines, tantôt en fragments incolores et cristallins aussi. Les mêmes résidus s'obtiennent de la combustion de cristaux très-gros, préalablement bien brossés et bouillis avec de l'eau régale. La proportion de ce résidu varie de 0,002 à 0,0005.

Pour faire nos expériences, le charbon est introduit dans un tube de porcelaine au travers duquel on peut diriger à volonté un courant d'oxygène sec et pur; en sortant de l'appareil le gaz traverse des condenseurs qui arrêtent l'acide carbonique et qui laissent passer l'excès d'oxygène.

Pour dépouiller préalablement l'oxygène employé d'acide carbonique, on le faisait passer dans un lait de chaux et on le faisait arriver dans l'appareil même en le déplaçant à l'aide de l'eau de chaux infiltrée goutte à goutte. En outre, le gaz traversait un tube d'un mètre de long et de trois centimètres de diamètre plein de pierre ponce en grains, humectée d'acide sulfurique bouilli.

En ajustant au tube où s'effectue la combustion un condenseur rempli de potasse liquide concentrée, on arrête les $\frac{99}{100}$ de l'acide carbonique environ; pour absorber le reste il suffit de faire passer ensuite le gaz dans deux tubes en U garnis de ponce humectée de dissolution alcaline; enfin on le fait encore passer à travers un troisième tube en U plein d'acide sulfurique pour le dépouiller de la petite quantité d'eau qu'il pourrait avoir enlevée à la potasse.

Pour éviter la production de l'oxyde de carbone, nous avons placé du cuivre en *tournure* dans la portion du tube en porcelaine où devait passer le gaz après la combustion. Puis chauffant le tube au rouge, nous y avons dirigé pendant seize heures un courant d'air auquel nous avons fait succéder un courant d'oxygène pendant le même temps, afin d'obtenir une oxydation complète du métal.

L'appareil ainsi disposé, on ouvre un des bouts du tube en porcelaine; on y pousse la nacelle chargée de la matière à brûler, on referme et on commence l'expérience.

A peine rouge, le graphite naturel de Ceylan, sur lequel nous avons opéré, brûle avec éclat, et l'oxygène qui passe se convertit presqu'en entier en acide carbonique; la combustion du graphite arti-

ficiel est beaucoup plus difficile, et pendant presque toute la durée de l'expérience il se produit un mélange d'oxygène et d'acide carbonique où l'oxygène abonde.

Le diamant se brûle tout aussi facilement que le graphite naturel, et il convertit très-rapidement en acide carbonique l'oxygène avec lequel il se trouve en contact.

Voici quels sont les résultats de nos expériences :

Graphite naturel.

Quantité employée.	Acide carbonique obtenu.	Rapport entre l'oxygène et le carbone.
gr. 1,000	gr. 3,671	800 : 299,5
0,998	3,660	800 : 300,5
0,994	3,645	800 : 299,9
1,216	4,461	800 : 299,8
1,471	5,395	800 : 299,9

Graphite artificiel.

gr. 0,992	3,642	800 : 299,5
0,998	3,662	800 : 299,7
1,660	6,085	800 : 300,1
1,465	5,365	800 : 300,5

Diamant.

gr. 0,708	2,598	800 : 299,7
0,864	3,167	800 : 300,0
1,219	4,465	800 : 300,4
1,232	4,519	800 : 300,0
1,375	5,041	800 : 300,0

Il suit de là que l'oxygène et le carbone se combinent dans les rapports de 8 à 3, 80 à 30, 800 à 300, 8,000 à 3,000 et 80,000 à 30,000, et que le poids de l'atome de carbone doit être réduit à 75.

M. Berzélius ayant admis que l'acide carbonique renferme plus de carbone qu'il n'y en a réellement, on aurait dans la plupart des cas manqués la vraie formule des corps si l'on n'eût perdu dans l'analyse le carbone qu'on trouvait de trop dans le calcul.

Cette perte de charbon se faisait de quatre manières différentes :

1° Parce que, quelque soin que l'on prenne, il se dépose çà et là du charbon dans les tubes et qui, faute d'oxygène, ne se brûle pas ;

2° Parce que le cuivre réduit se convertit en partie en carbure;

3° Parce que la potasse liquide laisse échapper une partie de l'acide carbonique.

4° Parce que l'air que l'on fait circuler dans l'appareil à la fin de l'opération enlève de l'eau à cette potasse et diminue son poids.

Nous parvenons à des résultats *rigoureux et* toujours constants par le procédé suivant :

Nous triplons au moins la quantité de matière employée ordinairement. Quand l'analyse est terminée nous faisons passer dans le tube une grande quantité d'oxygène de manière à brûler tout le charbon déposé et à réoxyder tout le cuivre, ce qui débarrasse du carbure de cuivre. Pour recueillir l'eau nous employons un tube à chlorure de calcium accompagné d'un tube de ponce chargé d'acide sulfurique. Pour absorber l'acide carbonique nous nous servons d'un appareil à potasse liquide, suivi d'un tube contenant de la potasse alcalisée d'un côté et de la potasse sèche de l'autre; la potasse sèche arrête l'eau dont le gaz se serait chargé. Bien entendu qu'après avoir dégagé l'oxygène, on fait passer dans l'appareil

de l'air sec pour le débarrasser de l'atmosphère d'oxygène qui augmenterait le poids des tubes. Ce procédé est d'une précision absolue, et la détermination de l'hydrogène acquiert par cette méthode un degré d'exactitude si extraordinaire qu'on peut presque toujours en regarder le chiffre comme certain.

---

30. *Action de l'*ACIDE SULFUREUX *sur l'*ACIDE HYPONITRIQUE, *cristaux des chambres de plomb; théorie de l'*ACIDE SULFURIQUE; par M. de La Provôtaye. (Ann. de Ch., t. 73, p. 362).

Clément et Desormes regardaient les cristaux des chambres de plomb comme formés d'acide sulfurique et de bioxyde d'azote. Mais M. Gay-Lussac ayant démontré qu'en les décomposant par une petite quantité d'eau dans une atmosphère d'acide carbonique, ils donnaient lieu à un dégagement de vapeurs rouges, il en a conclu qu'ils contenaient de l'acide sulfurique uni à l'acide des azotites, et cette opinion a été depuis adoptée par un grand nombre de chimistes; d'autres enfin ont pensé que la combinaison renfermait de l'acide hypoazotique.

Il m'a paru que je parviendrais à lever ces incertitudes en étudiant l'action qu'exercent l'un sur l'autre l'acide sulfureux et l'acide hypoazotique secs.

A l'état de gaz, ces deux corps se mêlent sans se combiner. Il en est encore de même lorsqu'on les réunit à l'état liquide dans des vases ouverts, parce qu'alors ils se résolvent très-promptement en vapeurs l'un et l'autre. Mais si on les verse

l'un et l'autre dans un vase tenu hermétiquement fermé, en se servant pour cela de tubes doublement courbés et bouchés après l'introduction des matières, la réaction ne tarde pas à avoir lieu ; peu à peu il se forme un dépôt blanc qui augmente sans cesse, et, au bout de vingt-quatre heures, les $\frac{9}{10}$ de la masse se trouvent solidifiés et recouverts par une combinaison d'un liquide vert.

Lorsque ensuite on ouvre le tube, on éprouve quelquefois une secousse très-violente, et tout le liquide vert disparaît en totalité en répandant des vapeurs rouges.

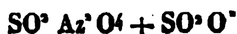
A l'aide de précautions convenables, on peut expulser ce liquide sans danger et obtenir la matière blanche à l'état de pureté en la chauffant dans un bain d'huile. Elle entre en pleine fusion à 230° et elle se solidifie à 217°; en se refroidissant le liquide passe du rouge au jaune, puis la matière est jaune citron, et, à une basse température, elle se présente en houppes soyeuses d'une blancheur éclatante. La forme cristalline de ce corps est parfaitement visible au microscope; c'est un prisme rectangulaire à quatre pans dont deux arêtes sont tronquées par une paire de faces. Ces cristaux ont exactement le même aspect que ceux de l'acide sulfurique anhydre et ils leur sont isomorphes; leur densité est de 2,14.

Pour analyser ce composé, je l'ai d'abord dissous dans de l'ammoniaque étendue en excès, et j'ai précipité l'acide sulfurique dans la liqueur, ce qui m'a donné la proportion du soufre; ensuite pour doser l'azote, d'une part, j'ai décomposé la matière par le mercure en un mélange d'acide sulfureux et de bioxyde d'azote que j'ai mis ensuite en contact avec

du potassium ; et, d'une autre part, j'ai employé à peu près la même méthode que pour l'analyse des substances organiques.

Au fond d'un long tube en verre vert on place du carbonate de plomb pur en assez grande quantité ; sur ce carbonate une colonne de cuivre récemment réduit, de 7 à 8 centimètres de longueur, puis un petit tube contenant un poids connu de matière et qu'on remplit, dès qu'il est ouvert, de planures de cuivre. L'orifice est dirigé vers le fond du tube à analyse ; on ajoute ensuite un ou deux centimètres d'oxyde de cuivre et 20 ou 22 centimètres de cuivre, et l'on ferme, à l'aide d'un bon bouchon percé, qui reçoit un tube à chlorure de calcium, adapté lui-même à un tube recourbé qui vient s'engager sous une cloche pleine de mercure. On chauffe d'abord le carbonate jusqu'à ce que le gaz sortant soit complétement absorbable par la potasse ; le cuivre est alors porté à une très-haute température à la partie antérieure, puis à la partie postérieure ; mais on préserve autant que possible la matière de l'action du feu jusqu'à ce que le tube soit à une bonne chaleur rouge ; en ce moment on approche à distance quelques petits charbons, et, presque aussitôt, le gaz se dégage avec rapidité. On termine l'opération en donnant un coup de feu plus fort, et faisant passer de nouveau de l'acide carbonique, jusqu'à ce que le volume du gaz dans l'éprouvette, qui contient une forte dissolution de potasse, n'augmente plus sensiblement.

Les résultats que j'ai obtenus correspondent exactement à la formule



$$SO^3 Az^2 O^4 + SO^3 O^2$$

qui donne :

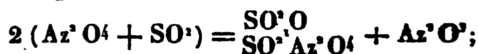
Soufre.	0,2718	S^2
Azote.	0,1196	Az^2
Oxygène.	0,6886	O^9

Cette substance colore la peau en rouge foncé; à l'air libre, elle se décompose peu à peu en absorbant de l'eau, et exhalant l'odeur d'acide hyponitrique. Plongée dans beaucoup d'eau, elle donne sur-le-champ un dégagement considérable de bioxyde d'azote pur. Les bases hydratées décomposent aussi cette substance. La baryte sèche se transforme en sulfate de baryte, mais seulement à une température élevée.

Les acides azotique, oxalique et acétique la décomposent. Avec l'acide chlorhydrique elle donne une espèce d'eau régale; l'acide sulfurique la dissout sans la décomposer et en se colorant en vert. Les deux corps distillent ensemble sans se séparer. Lorsque la combinaison azotée est en excès, il se produit toujours des cristaux de même *forme* et de même aspect, quelle que soit la *proportion* de l'acide.

Avec l'indigo, la dissolution sulfurique, pourvu qu'elle soit assez concentrée, donne une série de magnifiques couleurs; à froid, coloration en vert qui, quand on chauffe, passe au rose, puis par toutes les nuances imaginables du pourpre plus ou moins foncé.

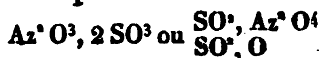
La composition de cette substance peut être représentée par la formule



$$2\,(Az^2O^4 + SO^3) = \frac{SO^3O}{SO^3Az^2O^4} + Az^2O^3;$$

c'est alors l'acide azoteux qui, dissous dans l'excès de l'acide hypoazotique, produit le liquide vert, et qui, à l'ouverture des tubes, reparaît subitement

à l'état gazeux. Quant à la formule rationnelle, elle ne peut être que



$$Az^2O^3, 2SO^3 \text{ ou } \frac{SO^2, Az^2O^4}{SO^2, O}$$

Cette dernière a pour elle toutes les probabilités. Effectivement, j'ai reconnu par expérience que l'acide sulfureux et l'acide hypoazotique se combinent ensemble, immédiatement, sous l'influence de l'acide sulfurique anhydre, avec formation de cristaux blancs et sans production d'autres substances; et, d'un autre côté, l'isomorphisme de ce composé avec l'acide sulfurique anhydre semble indiquer que l'on doit le considérer comme analogue à ce dernier acide, dans lequel un équivalent d'oxygène serait remplacé par un équivalent d'acide hypoazotique. Les cristaux se forment en présence de l'acide sulfurique et jamais autrement; l'eau les détruit toujours lorsqu'ils sont isolés.

Voici maintenant ce qui se passe dans la fabrication de l'acide sulfurique :

1° *Nouveau procédé*. On fait arriver dans des chambres de plomb de l'acide sulfureux, de l'acide azotique et des vapeurs d'eau. L'acide azotique cède une partie de son origine à l'acide sulfureux pour le faire passer à l'état d'acide sulfurique; puis l'acide hypoazotique formé cède à son tour de l'oxygène à l'acide sulfureux et en emprunte à l'air. Mais cet échange exige l'intervention de l'acide sulfurique et de l'eau. L'eau a deux rôles bien distincts : elle agit directement pour mettre en contact, d'une manière bien intime, l'acide sulfureux et l'acide hypoazotique, et favorise ainsi l'oxydation du premier par l'oxygène du second. Mais ce n'est pas là son office le plus important, parce que cette réaction est lente : elle agit bien

plus efficacement d'une autre manière, de concert avec l'acide sulfurique. Celui-ci détermine une rapide formation de cristaux blancs, et aussi d'une épaisse et lourde fumée jaune-fauve, qui en contient beaucoup; l'eau décompose immédiatement ces cristaux et les transforme en acide sulfurique hydraté et acide azoteux ou oxyde d'azote. La réaction de celui-ci recommence et continue indéfiniment.

2° *Ancien procédé.* Dans une chambre dont le fond est couvert d'acide sulfurique, et dans laquelle on injecte continuellement de la vapeur d'eau, on fait arriver de l'acide sulfureux, du bioxyde d'azote et de l'air, ou, en d'autres termes, de l'acide sulfureux et de l'acide hypoazotique à l'état naissant. Les choses se passent comme quand l'acide azotique a été transformé en acide hypoazotique par l'acide sulfureux.

---

31. *Sur la combinaison de l'acide* SULFURIQUE HYDRATÉ *avec le* DEUTOXYDE D'AZOTE, *et sur la manière de reconnaître dans l'acide sulfurique du commerce la présence de l'acide nitrique, de l'acide hyponitrique et du deutoxyde d'azote;* par M. Adolphe Rose. (Ann. de Pog., t. 50.)

Lorsqu'on distille de l'acide sulfurique pur, avec une certaine quantité d'acide nitrique de 1,4 de densité, par exemple $\frac{1}{16}$ de son poids, et que l'on fractionne les produits de la distillation, on remarque qu'il passe d'abord beaucoup d'acide nitrique contenant peu d'acide sulfurique, puis de l'acide sulfurique ne contenant que peu d'acide

nitrique, puis après de l'acide sulfurique parfaitement pur, et enfin de l'acide contenant des traces d'une combinaison oxygénée d'azote. Si l'on arrête l'opération à ce moment, on a un résidu jaunâtre qui se comporte en tout comme la combinaison d'acide sulfurique et de deutoxyde d'azote, que M. H. Rose a fait connaître.

En étendant ce résidu d'une suffisante quantité d'eau, et en chauffant, on en chasse tout le deutoxyde d'azote, et alors l'addition d'un mélange d'acide sulfurique et de protosulfate de fer ne le colore aucunement, ce qui prouve l'absence de l'acide nitrique et de l'acide hyponitrique, dont l'effet aurait été de donner à la liqueur une couleur rouge brun ou brun noir.

Le protosulfate de fer est un excellent réactif pour découvrir les moindres traces de deutoxyde d'azote, d'acide hyponitrique et d'acide nitrique dans l'acide sulfurique. Cependant il est toujours nécessaire, dans la recherche de ces corps, d'ajouter au liquide à examiner une quantité suffisante d'acide sulfurique pur, parce que sans cela cette méthode n'est pas rigoureuse.

Il est aisé de distinguer dans l'acide sulfurique concentré le deutoxyde d'azote et l'acide hyponitrique d'avec l'acide nitrique : on n'a qu'à y ajouter une solution étendue de bichrômate de potasse, car le deutoxyde d'azote et l'acide hyponitrique transforment l'acide de ce sel en oxyde de chrôme, en se changeant eux-mêmes en acide nitrique. Le liquide prend par là une teinte verte ; seulement il faut avoir la précaution d'ajouter la dissolution de bichrômate goutte à goutte et de l'étendre d'abord convenablement, parce que sans cela la teinte verte pourrait être masquée par un excès de ce sel.

L'emploi du permanganate de potasse n'est pas aussi avantageux pour opérer ces réactions, parce que ce sel s'altère par les acides énergiques; cependant il peut parfaitement bien servir si l'on a d'abord étendu l'acide sulfurique d'environ six parties d'eau.

Lorsque l'on fait arriver du deutoxyde d'azote parfaitement desséché dans un vase spacieux, contenant de l'acide sulfurique concentré et distillé, et à l'abri du contact de l'air, le gaz est complétement absorbé, et le liquide se colore en lilas, puis en bleu clair, et enfin en un très-beau bleu foncé, sans que la température s'élève sensiblement; puis le liquide s'épaissit de plus en plus et prend une consistance sirupeuse. Enfin, en prolongeant davantage le contact du gaz, la matière se convertit en une masse blanche, solide et cristalline, qui fond par une douce chaleur sans se décomposer, et se solidifie de nouveau par le refroidissement.

Lorsqu'on ajoute de l'eau par portions successives à la masse cristalline, il s'en dégage du deutoxyde d'azote, et il se produit, suivant la quantité d'eau absorbée, un liquide vert, bleu, et enfin incolore. La masse cristalline se dissout sans s'altérer dans l'acide sulfurique concentré, et lorsqu'on distille la solution, il passe d'abord de l'acide sulfurique excédent, mélangé d'un peu de sulfate de deutoxyde d'azote, et enfin la solution concentrée de cette substance dans l'acide sulfurique, solution que l'on peut distiller plusieurs fois sans qu'elle se décompose..

Le sulfate de deutoxyde d'azote pur peut être décomposé par l'eau, mais l'addition de l'acide

sulfurique hydraté rend sa décomposition plus prompte et plus complète.

En faisant passer dans un flacon spacieux, contenant de l'acide sulfurique distillé, de l'acide hyponitrique qui se produisait par l'ébullition d'un mélange de 1 p. de fécule et de 20 p. d'acide nitrique à 1,3, j'ai obtenu un liquide vert jaunâtre, qui, renfermé dans un flacon bouché, s'est pris en masse au bout de quelques heures. Mais bientôt après cette masse s'est séparée en deux couches; la couche inférieure se composait de cristaux blancs, et la couche supérieure était formée par un liquide jaunâtre. Ce liquide contenait beaucoup de sulfate de deutoxyde d'azote en dissolution dans de l'acide sulfurique et dans de l'acide nitrique. Les cristaux blancs se sont comportés en tout comme du sulfate de deutoxyde d'azote, avec la différence toutefois que leur solution aqueuse, étendue et portée à l'ébullition, renfermait toujours des traces d'acide nitrique, qui provenait évidemment des eaux mères qu'il est difficile de leur enlever complétement. L'acide hyponitrique, en traversant l'acide sulfurique, paraît donc se décomposer en deutoxyde d'azote et acide nitrique.

J'ai également préparé ces mêmes cristaux en faisant passer de l'acide sulfureux et du deutoxyde d'azote dans un grand ballon rempli d'air, et dans lequel je pouvais insuffler un peu d'eau et un peu d'air à l'aide d'un tube de verre. J'ai reconnu qu'ils se composaient uniquement de sulfate de deutoxyde d'azote, sans qu'il se soit formé trace d'acide nitrique dans l'opération.

Ce sont encore les mêmes cristaux qui se forment dans les chambres de plomb, et ils doivent naturellement se produire toujours lorsqu'il s'y

trouve un excès de deutoxyde d'azote par rapport à l'air atmosphérique et à l'acide sulfureux ; car, dans ces circonstances, une partie seulement du deutoxyde d'azote se change en acide hyponitrique, qui transforme l'acide sulfureux en acide sulfurique, lequel se combine immédiatement avec le deutoxyde d'azote excédant. Bien plus, ces cristaux devront également se former en présence d'un excès d'acide hyponitrique et d'air, puisque l'acide sulfurique qui s'est d'abord produit décompose l'acide hyponitrique en deutoxyde d'azote, avec lequel il se combine, et en acide nitrique. Lors donc qu'on veut éviter la formation de ces cristaux dans les chambres de plomb, il faut avoir soin que l'acide sulfureux s'y trouve constamment en quantité suffisante. La dissolution de sulfate de deutoxyde d'azote dans l'acide sulfurique se comporte avec les réactifs comme l'acide nitrique fumant et rouge, si bien qu'on est conduit à considérer ce dernier acide comme une *dissolution* de nitrate de deutoxyde d'azote dans l'acide nitrique.

Lorsqu'à de l'acide sulfurique à 1,2 de densité, qui est la densité de l'acide des chambres de plomb, on ajoute soit du sulfate de deutoxyde d'azote, *soit* de l'acide nitrique fumant et qu'on chauffe dans une cornue, le résidu, lorsqu'il a atteint la densité de 1,84, est toujours de l'acide sulfurique parfaitement pur. Mais quand on distille de l'acide concentré avec de l'acide nitrique, il passe d'abord des vapeurs rouges, puis un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique, et après cela de l'acide sulfurique pur, et le résidu est de l'acide sulfurique qui tient en dissolution du sulfate de deutoxyde d'azote.

On voit d'après cela que l'acide sulfurique du commerce doit être exempt de toute combinaison azotée, lorsqu'il a une densité de 1,84. Mais si, quand il est souillé de matières organiques, on le décolore, en le chauffant avec de l'acide nitrique, il retient du sulfate de deutoxyde d'azote. Pour l'avoir pur dans ce cas, il faut nécessairement distiller de manière à laisser le deutoxyde d'azote dans le résidu.

Pour se procurer de l'acide sulfurique pur, il faut le mélanger d'abord avec 2 p. d'eau, puis le chauffer dans une cornue jusqu'à ce qu'il passe des vapeurs d'acide sulfurique; de cette manière, on a en outre l'avantage de l'obtenir à 1,85 de densité.

Du reste, la distillation de l'acide sulfurique ne présente pas toutes les difficultés que l'on suppose. Pour l'effectuer, on emplit une cornue aux deux tiers; on la place sur un bain de sable chauffé au charbon; on chauffe fortement jusqu'à ce qu'il paraisse des nuages d'acide; ensuite on diminue le feu et l'acide se met à bouillir doucement. On le maintient en cet état en ayant soin de chauffer uniformément et en ayant soin que l'ébullition ne s'arrête jamais. Il est nécessaire que le col de la cornue ne soit pas trop long et qu'il soit aussi large que possible; et il est nécessaire aussi que le récipient ne repose pas sur le col, mais qu'il en soit séparé par un fil de platine.

---

32. *Recherches sur l'*ACIDE HYPOAZOTIQUE *et sur l'*ACIDE AZOTEUX; par M. Péligot. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 606.)

En employant un appareil disposé de manière

à éviter l'emploi des bouchons de liége, qui donnent de l'humidité au gaz, le contact du bioxyde d'azote et du gaz oxygène, ces gaz étant desséchés au moyen de la potasse fondue et de l'acide phosphorique anhydre, donne naissance à un produit solide jusqu'à 1—9°, cristallisé en prismes transparents, et qui, d'après l'analyse que j'en ai faite au moyen du cuivre chauffé au rouge, se trouve être de l'acide hypoazotique pur.

En chauffant dans une cornue de porcelaine de l'azotate de plomb qui paraissait bien desséché, et en fractionnant les produits dégagés, j'ai obtenu d'abord de l'acide hypoazotique *liquide*, parce que l'azotate de plomb contenait encore un peu d'eau, et ensuite le même acide anhydre cristallisé.

L'acide liquide vert que l'on considère comme constituant l'acide azoteux, a une *composition* très-variable; ce n'est qu'un mélange d'acide hypoazotique et d'acide azoteux.

Ce même mélange existe dans le produit qu'on recueille le premier par la distillation de l'acide hypoazotique, auquel on a ajouté un peu d'eau; cet acide devient vert immédiatement en se transformant, comme par le contact des bases, en acide azotique qui se combine avec l'eau et en acide azoteux anhydre.

Enfin, le même mélange se produit encore par le contact du bioxyde d'azote bien sec avec l'acide hypoazotique, l'un et l'autre de ces corps se transformant en acide azoteux. Cependant, on ne peut pas obtenir ce dernier acide pur par ce moyen; il est probable qu'on réussira à se le procurer, en soumettant ces mélanges, employés en

quantité assez considérable, à une distillation faite à une basse température.

---

33. *Observations sur la décomposition de l'*AMMONIAQUE par les combinaisons oxygénées de l'azote; par M. Pelouze. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 599.)

Suivant les proportions respectives de nitrate d'ammoniaque et d'acide sulfurique que l'on mêle ensemble, suivant la température à laquelle on expose le mélange, suivant aussi qu'il renferme plus ou moins d'eau, les produits de la décomposition sont très-différents.

Quand le mélange contient de l'eau, tout l'acide nitrique distille; quand, au contraire, on prive par la chaleur le nitrate d'ammoniaque de toute l'eau qu'il peut contenir, et qu'on le traite par environ 50 fois son poids d'acide sulfurique concentré à une température qui dépasse 120°, tout le sel est décomposé et se transforme en eau et en protoxyde d'azote, qui est constamment mêlé d'azote, et qui contient parfois des traces de vapeurs rutilantes. Au-dessous de 120°, il abandonne son acide nitrique; et si, en chauffant à plus de 120°, on n'emploie que 10 p. d'acide sulfurique le quart du sel donne de l'eau et du protoxyde d'azote, et le reste de l'acide nitrique et de l'ammoniaque. Le nitrite d'ammoniaque se comporte comme le nitrate avec l'acide sulfurique.

Si l'on fait passer du deutoxyde d'azote dans une dissolution de sulfate d'ammoniaque dans de l'acide sulfurique concentré, entretenu à la chaleur de 150 à 200°, il y a réaction du deutoxyde sur

l'ammoniaque, et il se dégage de l'azote parfaitement pur. C'est là un moyen très-simple et très-bon pour préparer ce gaz.

Les premiers hydrates de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique me paraissent sans action l'un sur l'autre ; ils ne manifestent aucune élévation de température lorsqu'on les mêle. Rien ne prouve que l'un de ces hydrates ait plus d'affinité que l'autre pour l'eau ; car, si l'acide sulfurique concentré prend à l'acide nitrique faible l'eau que ce dernier contient au delà d'un équivalent, à son tour, l'acide nitrique concentré peut enlever l'eau à l'acide sulfurique aqueux.

Pour avoir de l'acide nitrique très-concentré, il suffit de rectifier deux ou trois fois l'acide du commerce sur de l'acide sulfurique de qualité ordinaire, avec la seule précaution de ne pas porter le mélange au delà de 140 à 150°; une légère ébullition, et en dernier lieu, quelques traces d'oxyde puce de plomb ajoutées à l'acide distillé et refroidi, suffisent pour enlever à celui-ci l'acide hyponitrique qu'il peut retenir; il ne reste pas d'ailleurs dans l'acide ainsi blanchi la plus petite trace de plomb.

L'acide sulfurique du commerce est fréquemment souillé de deutoxyde d'azote et d'acide nitrique. La fleur de soufre et le noir de fumée les détruisent, il est vrai, mais leur emploi est sujet à des inconvénients qui les ont fait abandonner. Le sulfate de protoxyde de fer réussit bien ; mais il faut distiller l'acide, sans quoi on y laisse une quantité assez considérable de sulfate de peroxyde de fer. L'ammoniaque, ou plutôt le sulfate d'ammoniaque, réunit toutes les conditions qu'on peut désirer; les acides les plus chargés de composés nitreux en

sont complétement dépouillés par l'addition d'un demi-centième de leur poids de sulfate d'ammoniaque; dans la plupart des cas, un à deux millièmes suffisent. Un essai facile et rapide permet de ne pas laisser la plus faible trace d'ammoniaque dans l'acide purifié, et de connaître exactement ce qu'il faut ajouter de sulfate d'ammoniaque dans l'acide impur; en supposant d'ailleurs qu'une trace d'ammoniaque restât dans l'acide, cela ne présenterait aucun inconvénient.

---

34. *Combinaisons de l'*OXYGÈNE ET DU CHLORE; par M. Millon. (J. de Pharm., t. 27, p. 157.)

Le composé désigné, jusqu'à présent, sous le nom de deutoxyde de chlore, et auquel M. Gay-Lussac assigne pour formule $Cl\,O^4$ est un véritable liquide jusqu'à la température de 120°.

On l'obtient sous cette forme dans un état de pureté qui permet de suivre ses réactions et d'en saisir le caractère essentiel.

Au contact des oxydes alcalins, il se transforme en chlorate et en chlorite absolument comme l'acide hypoazotique $Az\,O^4$ se transforme en nitrate et en nitrite.



$$2\,(Cl\,O^4 + KO) = ClO^3,\,KO + ClO^5,\,KO$$



$$2\,(AzO^4 + KO) = AzO^3,\,KO + AzO^5,\,KO.$$

Il convient dès lors de changer la dénomination de deutoxyde de chlore en celle d'acide hypo-chlorique, qui est en rapport non-seulement avec la composition de ce corps, mais encore avec une réaction tout à fait fondamentale.

Les chlorites existent au même titre que les

nitrites, et constituent une nouvelle série de sels, qui offrent assez de stabilité pour qu'on puisse faire passer leur acide sur des oxydes métalliques et obtenir ces derniers sels à l'état cristallin.

L'action de l'acide hydrochlorique sur le chlorate de potasse ne fournit pas un gaz particulier, mais un mélange de plusieurs produits, où il est facile de distinguer une très-forte proportion de chlore et d'acide hypochlorique.

Le composé désigné sous le nom d'acide hypochloreux ne se comporte pas avec les alcalis comme un acide : il les fait passer simplement dans un ordre de combinaison qui correspond aux peroxydes et aux chlorures d'oxydes. Il continue des séries qui sont ouvertes par l'eau *oxygénée*, et montre ainsi l'extension et l'importance du rôle que cette dernière découverte est appelée à remplir dans la science.

---

35. *Préparation des* ACIDES HYDROBROMIQUE et HYDRIODIQUE; par M. Glover. (Institut. n° 359, p. 387.)

Le bromure et l'iodure de baryum à l'état solide sont décomposés par l'acide sulfurique avec dégagement d'acide hydrobromique et hydriodique, sans mélange de brôme ni d'iode libre.

---

36. *Note sur la propriété dont jouissent les matières animales de décomposer l'*ACIDE IODIQUE, *et d'en isoler l'iode*, par MM. Simon et Langonné. (J. de phar., t. 26, p. 744.)

Les décoctions de matières animales, l'urine,

la salive, etc., mêlées avec une ou deux gouttes d'acide iodique donnent sur-le-champ une très-belle coloration bleue lorsqu'on y ajoute quelques parcelles de colle d'amidon. Ce fait a de l'importance relativement aux recherches médico-légales de l'opium et de ses préparations.

---

37. *Sur l'existence supposée de l'*ACIDE FLUORIQUE *dans certaines matières animales*; par M. Rees. (Edin. Jour., janv. 1840.)

Plusieurs savants ont annoncé qu'il existe de l'acide fluorique dans les dents, les os et plusieurs autres substances animales. Pour constater la présence de cet acide, on prescrit de distiller la matière avec de l'acide sulfurique étendu de son poids d'eau jusqu'à ce que tout le liquide ait passé, puis d'évaporer ensuite ce liquide dans une capsule de verre qui se trouve alors corrodée.

Ayant répété cette expérience sur diverses substances, je me suis assuré que lorsqu'on employait du verre de bonne qualité, il n'était jamais corrodé, d'où je conclus qu'il n'existe aucune trace d'acide fluorique dans les matières animales vivantes. D'un autre côté, j'ai constaté qu'il en existe réellement dans l'ivoire fossile : il suit de là que c'est par la minéralisation que cet acide a été introduit dans la matière de l'ivoire.

Quand on se sert d'un verre tendre pour faire l'expérience précitée, il est effectivement presque toujours corrodé, ce qui a dû induire en erreur; mais cet effet provient de l'action d'une quantité très-notable d'acide phosphorique que renferme la liqueur distillée et qui a été entraînée en vapeur par l'acide sulfurique.

---

38. *Dissolution de la* SILICE *dans la vapeur d'eau*: par M. Jeffreys. (Bibl. de Gen., t. 29, p. 417.)

Ayant fait passer de la vapeur d'eau dans un vaste four servant à cuire de la poterie du genre du grès, il s'est dissous plus de deux cents livres de silice, et plusieurs livres de cette matière se trouvèrent déposées aux passages de sortie de la vapeur du four, sous forme de neige, sur des matériaux qui ne se trouvaient échauffés qu'à la température rouge.

---

39. *Sur la liquéfaction et la solidification de l'*ACIDE CARBONIQUE; par M. Mitchell. (Amer. Journ., décembre 1838.)

Lorsqu'il est récemment formé, l'acide carbonique solide a l'apparence du carbonate de magnésie. Il est d'une blancheur parfaite, d'une consistance molle et spongieuse, assez semblable à celle de la neige : on peut doubler sa densité en le comprimant entre les doigts. Il s'évapore dans des vases ouverts en devenant de plus en plus froid; une masse de 348 grains n'a disparu entièrement qu'après trois heures et demie. Il est plus facile à conserver lorsqu'il est comprimé et enveloppé de coton ou de laine; au moment de la solidification de l'acide, le thermomètre descend à — 52,5 R. Par l'évaporation de l'acide solide à l'air la température s'abaisse à — 62°,6 et dans le vide à —74°, 6 R. En l'humectant d'éther, la température descend dans le vide à —79, 1 R. C'est le degré le plus bas que l'on puisse atteindre.

Du mercure placé dans une cavité faite dans

une masse d'acide carbonique solide se congèle aussitôt. Il est alors comme du plomb, tendre, facile à couper, malléable et non sonore.

A - 63°, 1 R. l'acide sulfureux liquide se solidifie. à —72° R. l'alcool de 0,798 p. s. prend un aspect huileux; à —79°, 1 R. il ressemble à de la cire fondue. De l'alcool de 0,820 p. s. se congèle facilement. L'éther sulfurique n'éprouve aucune altération.

L'acide carbonique solide produit sur la peau des animaux vivants des ampoules et des scorifications presque aussi rapidement que le feu.

La pression exercée par la vapeur de l'acide carbonique est de 36 atmosphères à 0°, 45 à 5 R., 60 à 15° R. et 72 à 24° R.

L'acide carbonique liquide est parfaitement incolore et transparent. Lorsque le tenant dans un tube garni d'un ajustage, on ouvre le robinet, le liquide entre dans une extrême agitation, le gaz s'échappe, et la température s'abaissant, le reste de l'acide se prend en une masse solide, presque blanche et très-poreuse. Quand on plonge le tube fermé dans un mélange réfrigérant, l'acide se solidifie en une masse non poreuse, plus dense que le liquide. L'eau ne se mêle pas avec l'acide carbonique liquide.

---

40. *Sur le dosage de l'*ACIDE CARBONIQUE *et de l'*HYDROGÈNE SULFURÉ *dans les eaux minérales*; par Fr. Wohler. (Ann. der Pharmac., t. 32, p. 123.)

J'ai répété le dosage de l'hydrogène sulfuré dans les eaux minérales de Nenndorf, dont j'a-

vais fait l'analyse il y a cinq ans (Ann. der Pharm., t. 17, p. 286). J'ai voulu contrôler les résultats que j'avais alors obtenus, en me servant maintenant de l'appareil de Liebig, qui présente le grand avantage de permettre de doser l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré de l'eau prise à une grande profondeur,

L'hydrogène sulfuré a été précipité par une dissolution ammoniacale de nitrate d'argent. Le précipité fut lavé avec de l'ammoniaque étendue, puis avec de l'acide nitrique très-étendu, pour enlever les carbonates qui pouvaient s'être précipités.

J'ai trouvé que 1,000 parties d'eau (en volume) à 11° C. renferment 50,980 parties d'hydrogène sulfuré ou 1/19 du volume de l'eau. Je n'avais trouvé autrefois que 1/22, ce qui tient à l'insuffisance de l'ancienne méthode.

---

41. *Action de l'*ACIDE SULFURIQUE ANHYDRE *sur l'*ACIDE ACÉTIQUE; par M. Melsens. (Compte rendu de l'Ac., t. 11, p. 362.)

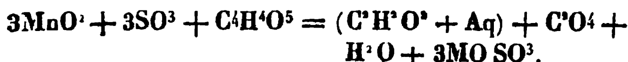
L'acide acétique traité par l'acide sulfurique anhydre donne naissance à l'acide sulfo-acétique, qui, à l'état cristallin, est représenté par $C^8 H^4 O^3 + S^2 O^5 + 5 H^2 O$. MO étant une base métallique, les sels neutres anhydres sont représentés par $C^8 H^4 O^3, S^2 O^5 + 2 MO$.

---

42. *Note sur l'altération des* ACIDES TARTRIQUE, RACÉMIQUE, CITRIQUE, MUCIQUE et GALLIQUE *par les suroxydes plombique et manganique*; par

M. Persoz. (Compte rendu de l'Ac., t. 12, p. 522.)

Dobereiner est le premier qui ait fait connaître la transformation de l'acide tartrique en acide formique, sous la double influence de l'acide sulfurique et du peroxyde manganique. Pour expliquer cette réaction, on a supposé que l'acide sulfurique changeait le suroxyde en protoxyde, et que l'oxygène devenu libre se portait sur l'acide tartrique et le transformait en acides formique et carbonique, d'après l'équation



$$3MnO^2 + 3SO^3 + C^4H^4O^5 = (C^2H^2O^3 + Aq) + C^2O^4 + H^2O + 3MO\,SO^3.$$

Mais j'ai reconnu que l'intervention de l'acide sulfurique est superflue, et que les acides tartrique, racémique et mucique, libres ou combinés avec l'acide plombique, sont immédiatement transformés en acides formique et carbonique par les suroxydes manganique et plombique.

Avec le suroxyde plombique on a le formiate en dissolution, on obtient pour résidu un mélange soit de suroxyde et de tartrate de plomb, soit de suroxyde, de tartrate et de carbonate, soit enfin de ces trois substances, selon la proportion de suroxyde employé, et selon qu'on laisse plus ou moins longtemps les diverses substances en contact les unes avec les autres.

Les acides citrique et gallique sont également décomposés par les suroxydes plombique et manganique, mais sans formation d'acide formique.

43. *Préparation de l'*ACIDE RHODIZONIQUE; par M. Heller. (An. der. Phar. mai 1840.)

On comprime dans du papier à filtrer l'oxycarbure de potassium, qui renferme, outre l'huile de naphte, du charbon, de la potasse et deux corps nouveaux non encore analysés : on le traite à plusieurs reprises par de l'alcool à 0,850 jusqu'à ce que celui-ci ne se colore plus. L'huile de naphte, la potasse et l'un des deux corps cités, qui colorent le liquide en rouge hyacinthe, se trouvent ainsi séparés. On agite le résidu, qui est noir, avec environ le quart de son volume d'eau, on ajoute de l'alcool et on décante. La liqueur renferme beaucoup de potasse et le second des corps cités. Celui-ci est brun foncé, et on peut le précipiter de la dissolution au moyen de l'alcool. On répète ces dernières opérations jusqu'à ce que la liqueur ne soit plus brune, mais d'un jaune clair.

On verse sur la matière ainsi lavée de l'acide sulfurique étendu, qui la décompose avec grand dégagement de gaz acide carbonique, on décante la liqueur fortement alcaline et d'un jaune brun qui surnage, et on réitère ce traitement sur le résidu tant qu'il se produit une liqueur alcaline, et en faisant attention de ne pas employer une trop forte proportion d'acide.

En ajoutant une quantité suffisante d'alcool aux dissolutions, on en précipite le rhodizonate de potasse mêlé du sulfate de potasse qu'elle contient. On lave bien le dépôt, qui est d'un rouge foncé, avec de l'alcool, et on le décompose en le traitant à une douce chaleur par un mélange d'alcool fort et d'acide sulfurique. En évaporant la liqueur al-

coolique, l'acide rhodizonique se dépose sous forme de petites aiguilles d'un jaune orange pâle. L'eau mère est d'un rouge brun et exhale l'odeur du naphte, mais elle ne retient pas d'acide.

On peut encore obtenir cet acide en décomposant le rhodizonate de plomb par l'hydrogène sulfuré ; mais alors il se présente sous forme d'aiguilles de couleur très-foncée et qui ont un éclat métallique bleu verdâtre.

---

44. *Recherches sur l'*ACIDE ULMIQUE ; par M. Peligot. (An. de Ch., t. 73, p. 208.)

Suivant M. Braconnot, pour préparer l'acide ulmique, on chauffe dans un creuset d'argent parties égales de potasse caustique et de sciure de bois humectée d'un peu d'eau. On agite beaucoup, parce que le mélange se boursoufle considérablement par suite d'un abondant dégagement d'hydrogène, et dès qu'il est devenu mou et pâteux, on retire le creuset du feu : en traitant la matière par l'eau, elle se dissout presque en totalité, et l'on obtient une liqueur brune de laquelle les acides séparent l'acide ulmique, qui se précipite sous forme de flocons bruns.

A l'état sec, cet acide est d'un noir brillant comme la houille et à cassure vitreuse. Il est insoluble dans l'eau, mais il se dissout très-facilement dans l'alcool. Il forme des sels solubles avec la potasse, la soude et l'ammoniaque, et il neutralise complétement les propriétés alcalines de ces bases.

M. P. Boullay y avait trouvé :

Carbone.	0,567
Hydrogène et oxygène dans le rapport de l'eau. .	0,433

Mais cette analyse n'est pas exacte, parce qu'à l'époque où elle a été faite on ne connaissait aucun moyen de doser le carbone avec précision

Il n'y a pas dans le règne organique de substances plus difficiles à brûler par l'oxyde de cuivre que l'acide ulmique. On ne peut pas effectuer complétement cette combustion dans les tubes de verre de fusibilité ordinaire. Ce n'est que depuis que nous avons des tubes de verre réfractaire que des moyens de ce genre sont devenus possibles, et encore est-il nécessaire d'ajouter une certaine quantité de chlorate de potasse à l'oxyde de cuivre.

Il résulte des analyses que j'ai faites, et de la composition de l'ulmate d'argent, que l'acide ulmique est composé de :

Carbone.	2066,0	0,723	54 at.
Hydrogène. . . .	174,7	0,061	28
Oxygène	600,0	0,216	6
	2840,7	1,000	

L'acide ulmique se comporte comme une matière colorante. Il s'attache à tous les corps qu'on lui présente et tend à former des sortes de laques avec les divers oxydes métalliques. Les ulmates alcalins sont insolubles dans l'eau salée.

Lorsque, dans la préparation de l'acide ulmique, on chauffe lentement et avec ménagement, en arrêtant l'opération au moment du commencement du ramollissement de la matière, on obtient une substance d'un gris jaunâtre, ou jaune chamois, que j'ai trouvée composée de :

Carbone.	0,658	0,676
Hydrogène. . . .	0,063	0,062
Oxygène.	0,279	0,262
	1,000	1,000

Si l'on chauffe un peu plus fortement, la matière est brune; mais on n'obtient le véritable acide ulmique noir qu'en chauffant très-fortement et même en prolongeant assez la chaleur pour décomposer une partie de l'ulmate formé.

Dans la réaction qui a lieu entre la potasse et la sciure, il se forme d'abord du formiate, puis de l'oxalate, et enfin du carbonate, avec un dégagement continuel de gaz hydrogène. L'ulmate est toujours accompagné d'oxalate.

La formiate de potasse avec excès d'alcali se transforme, par une chaleur modérée, en oxalate avec dégagement d'hydrogène, comme l'exprime la formule $C^4H^2O^3KO = C^4O^3KO + H^2$, et si l'on chauffe à son tour l'oxalate de potasse avec de l'hydrate de potasse, on obtient du carbonate et encore de l'hydrogène.



$$C^4O^3,KO + KO,H^2O = C^4O^4,2KO + H^2.$$

---

45. *Sur l'*ACIDE ULMIQUE; par M. Müller. (Revue scient., t. 2, p. 45.)

Lorsqu'on traite la tourbe noire par le carbonate de soude, après l'avoir épuisée avec de l'eau et de l'alcool, il se dissout une substance brun noir qui, précipitée par l'acide sulfurique, bien lavée et séchée, présente la composition



$$C^{40}H^{30}O^{15} + Az^2H^6 + H^2O.$$

Ce corps ne se distingue donc de l'acide ulmique artificiel que par trois atomes d'eau et un atome d'ammoniaque.

Lorsqu'on traite du sucre au contact de l'air, soit par l'acide sulfurique, soit par l'acide muria-

tique, il se forme un grand nombre de substances, savoir : de *l'ulmine* $C^{40}H^{32}O^{14}$, de *l'acide ulmique* $C^{40}H^{28}O^{12}$, de *l'humine* $C^{40}H^{30}O^{15}$, de *l'acide humique* $C^{40}H^{24}O^{12}$, de *l'acide formique*, un *acide brun rouge* et de *l'acide glucique*.

---

46. *Note sur la préparation du* TANNIN; par M. Duval (An. de Ch., t. 74, p. 220).

Pour préparer le tannin par notre procédé, on prend, comme à l'ordinaire, parties égales de noix de galle et d'éther en poids. On expose ces deux substances dans un vase de verre ou de grès à une température de 15 à 20 degrés; après un *mois* environ de macération, le mélange s'étant formé en une pâte assez solide, on renferme cette masse dans une forte toile en fil, et on la soumet à la presse. Le produit que l'on obtient est d'une consistance de mélasse, très-gluant au *toucher*, et qui, comme nous en avons fait l'expérience, ne laisse dégager aucune partie de l'éther qu'il retient à la température ordinaire. Si, après avoir mis ce mélange dans un vase à large ouverture, on l'exposait à l'action du soleil, au bout de peu de temps on verrait la surface se couvrir d'efflorescences, tandis que le reste de la masse se maintiendrait sous l'aspect d'un liquide épais, mielleux, pendant plus de six mois.

Pour obvier à cet inconvénient, qui retarde la préparation du tannin et qui nuit à sa pureté, parce que les corps étrangers contenus dans l'atmosphère se déposent à sa surface, il faut soumettre le mélange à l'action d'une température élevée jusqu'à 120° au moins. C'est par l'interné-

diaire du chlorure de calcium très-concentré que nous sommes parvenu à obtenir ce degré de température d'une manière fixe. Le chlorure de calcium forme ainsi un excellent bain-marie dont le service peut être précieux dans beaucoup de préparations chimiques.

L'appareil que j'emploie se compose :

1° D'une chaudière en fer contenant le muriate de chaux;

2° D'une bassine à fond plat en argent (on peut se servir d'une bassine de cuivre, pourvu qu'elle soit bien décapée) dans laquelle on met le tannin. On met cette dernière dans le muriate de chaux, dont on élève la température jusqu'à l'ébullition ; mais pour obtenir une chaleur de 120° sans brûler le produit et sans accident pour l'opérateur, il faut quelques précautions de pratique faciles à prévoir.

Ayant disposé l'appareil avec toutes les précautions convenables, et l'ayant mis en activité avec prudence, la portion de l'éther qui contenait le tannin à l'état de liquide épais se volatilise très-promptement, et la partie inférieure de la masse touchant la bassine se transforme en écailles brillantes presque blanches, très-légères, puisqu'elles forment un volume bien plus considérable relativement au même poids. Cependant la partie supérieure est restée colorée et transparente, parce qu'elle a encore une grande quantité d'éther qui ne peut point se dégager, la chaleur n'ayant point été assez forte sur ce point pour la chasser. C'est dans cet état qu'on trouve le tannin dans le commerce. Mais pour le rendre léger et blanc dans toute la masse, il faut recouvrir la bassine d'une plaque en cuivre sur laquelle on met des

cendres rouges; alors on aperçoit le même phénomène que nous avons indiqué ci-dessus, savoir, que cette partie restée colorée acquiert plus de volume en se transformant en écailles très-légères, blanchâtre, ainsi qu'il était arrivé pour la partie touchant la bassine elle-même.

---

47. *Mémoire sur la théorie de la formation de l'*ÉTHER; par M. H. Rose. (An. de Ch., t. 74, p. 52.)

On sait que plusieurs sels à bases d'oxydes métalliques qui ne sont pas douées de propriétés basiques très-fortes, sont décomposés par l'eau. L'explication la plus probable que l'on puisse donner de ce phénomène me paraît être d'admettre que l'eau joue le rôle d'une base, *et qu'elle* élimine l'oxyde métallique, soit *à l'état de* sel basique, soit à l'état libre, et qu'elle se combine à l'acide pour former un hydrate.

Cette explication, appliquée à la théorie de la formation de l'éther, la rend fort simple.

On sait que les sels d'oxyde d'éthyle (les éthers composés) sont décomposés plus ou moins facilement par les bases en présence de l'eau, et que les bases se combinent à l'acide du sel, tandis que l'oxyde d'éthyle est mis en liberté à l'état d'hydrate (alcool). Quelques combinaisons d'éthile, par exemple l'éther oxalique, sont aussi facilement décomposées par l'eau que par les bases. Le sulfate acide d'éthyle, ou mieux, la combinaison du sulfate d'oxyde d'éthyle avec l'acide sulfurique hydraté, subit dans l'eau, surtout à chaud, une décomposition analogue. Presque

toutes les dissolutions des sulfovinates dans l'eau se décomposent encore de la même manière.

Quand on mélange l'alcool avec de l'acide sulfurique hydraté, on forme de l'acide sulfovinique. Par là, deux atomes d'eau sont mis en liberté, dont un vient de l'acide sulfurique hydraté, et l'autre de l'alcool. En chauffant le mélange, un atome d'eau chasse l'oxyde d'éthyle de sa combinaison avec l'acide sulfurique, se combine avec lui et forme de l'acide sulfurique hydraté. C'est la tendance qu'a l'acide sulfurique à se combiner avec deux atomes d'eau pour former l'hydrate cristallisable, qui fait que l'éther, dans cette circonstance, ne se transforme pas en alcool en reprenant un atome d'eau. Si l'on fait bouillir le mélange, l'acide sulfurique hydraté perd le second atome d'eau qu'il avait pris, et cette eau distille avec l'éther. On voit donc qu'en faisant bouillir un mélange d'acide sulfurique hydraté et d'alcool, l'éther distille avec l'eau; mais l'apparition de ces deux corps n'est pas le résultat d'une réaction unique, elle provient de deux réactions qui s'effectuent l'une à côté de l'autre dans le mélange bouillant. La quantité d'eau va en augmentant à mesure que la distillation avance, la température devenant plus élevée, et la quantité du second hydrate de l'acide sulfurique étant devenue plus considérable.

Pour savoir dans quelle période de la préparation de l'éther, pendant l'ébullition du mélange d'alcool et d'acide sulfurique, l'eau commence à distiller, on a chauffé ensemble de l'acide sulfurique hydraté et de l'alcool absolu, à poids égaux, et l'on a fractionné les produits pour les examiner.

Le premier produit obtenu à une température basse, contenait beaucoup d'éther et peu d'alcool, ce qui est contraire à l'opinion généralement admise, savoir que l'éther ne se forme que pendant l'ébullition du mélange. Les quatre produits suivants devenaient peu à peu plus éthérés, et contenaient de moins en moins d'alcool : ce n'est que le sixième produit qui contenait une quantité d'eau telle qu'elle a pu se séparer, et cette quantité d'eau a été en augmentant dans la suite de la distillation. Le septième produit contenait de l'huile douce de vin, et répandait l'odeur de l'acide sulfureux.

On sait que la manière la plus avantageuse de préparer l'éther consiste à faire couler un filet continu d'alcool dans un mélange bouillant d'alcool et d'acide sulfurique hydraté, et de faire arriver autant d'alcool qu'il passe d'éther dans le récipient. Plusieurs chimistes ont voulu *conclure* de là que la formation préalable de l'acide sulfovinique n'est pas nécessaire à la production de l'éther, cet acide ne pouvant pas exister à la température de 140° que possède le mélange dans lequel tombe l'alcool ; mais à cela, on peut répondre que cette température n'existe pas au contact du filet d'alcool, et que, bien que l'acide sulfovinique ne puisse exister que pendant quelques instants il se forme néanmoins continuellement.

L'opinion généralement admise, qui suppose que l'éther ne peut se produire dans un mélange d'alcool et d'acide sulfurique, qu'à la température d'environ 140°, est une erreur manifeste et inexplicable. On peut obtenir de l'éther d'un pareil mélange dans un bain-marie, dont il est même

inutile de porter la température à 100°, et sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'alcool absolu, l'éther obtenu par ce moyen est plus pur et contient moins d'eau et d'alcool que l'éther obtenu en pleine ébullition. L'eau se dégage aussi plus tard.

L'éther obtenu de l'alcool aqueux contient plus d'alcool que l'éther obtenu de l'alcool absolu. Cela tient à ce qu'en mélangeant de l'alcool ordinaire avec l'acide sulfurique, une plus petite quantité se change en acide sulfovinique, et qu'il en reste par conséquent davantage dans le mélange à l'état libre.

D'après la théorie démontrée dans ce mémoire, la partie de l'alcool qui est changée en acide sulfovinique, est la seule capable de donner de l'éther qui distille avec l'alcool libre, quand on vient à chauffer le mélange.

Il y a cependant un fait qui ne peut pas s'expliquer d'une manière satisfaisante par la théorie que je propose. Ce fait consiste en ce que les bases plus énergiques que l'eau ne peuvent pas opérer cette séparation plus facilement que l'eau elle-même, puisque la potasse, par exemple, ne peut pas éliminer l'oxyde d'éthyle des sulfovinates alcalins. Il y a cependant d'autres faits analogues : ainsi, l'eau décompose beaucoup de sels d'antimoine et ne trouble pas le tartrate.

La transformation de l'éther en huile douce de vin, vers la fin de l'opération, à une température élevée et en présence d'un excès d'acide sulfurique, n'est pas, comme on serait tenté de le croire, en comparant la composition de l'éther avec celle de cette substance, l'effet d'une simple soustraction d'eau ; car, dès que des traces d'huile

douce de vin apparaissent dans la distillation de l'éther, des traces correspondantes d'acide sulfureux se dégagent. La quantité d'acide augmente quand on voit paraître le gaz oléfiant. La formation de l'acide sulfureux est donc, dans un certain rapport, avec la formation de l'huile douce et du gaz oléfiant. Dans ce cas, l'acide sulfurique agit sur l'éther comme sur toutes les substances organiques, en l'attaquant profondément, et il y a en même temps production d'une substance carbonée qui colore la liqueur en noir. C'est pour cela que l'éther obtenu à une basse température est absolument exempt d'huile douce de vin. La réaction qui donne naissance à cette substance n'a lieu qu'à la température de l'ébullition de l'eau, et encore faut-il que cette température soit prolongée pendant longtemps pour obtenir une quantité notable d'huile douce.

Quand on cherchait à expliquer la formation de l'éther par une soustraction d'eau, au moyen de l'acide sulfurique, on pouvait faire à cette théorie une objection bien fondée, et qui consistait à dire, pourquoi d'autres corps très-avides d'eau, tels que la potasse, par exemple, ne produisent-ils pas le même effet. Cette objection ne se présente plus en admettant que l'éther ne se forme que par la décomposition de l'acide sulfovinique.

Si l'on admet que l'éther est une base, aucune des théories existantes sur la formation de l'éther ne peut expliquer d'une manière satisfaisante ce phénomène bizarre qu'une base est chassée d'un liquide fortement acide par un acide énergique. On ne peut expliquer ce phénomène que par la théorie que je propose, et qui est basée sur l'analogie que présente la séparation de l'éther de

l'acide sulfovinique avec la décomposition de sels inorganiques par l'eau, et sur l'analogie que présente l'éther avec une série d'oxydes qui ne se combinent pas, ou qui ne se combinent que difficilement, avec les acides.

La théorie que j'indique s'applique à la production de l'éther au moyen des acides phosphorique ou arsénique. Je laisse à décider s'il faut appliquer la formation de l'éther quand on traite l'alcool par l'acide fluoborique, par le chlorure de zinc et par d'autres chlorures, soit en supposant qu'il se fait une simple soustraction d'eau par ces substances, soit en admettant que ces corps forment avec l'alcool à la température ordinaire, des combinaisons analogues à l'acide sulfurique, combinaisons qui sont décomposées par l'eau à une température élevée comme les sulfovinates. Je pense que la dernière explication est la plus probable.

---

48. *Préparation de l'*ÉTHER HYDROTELLURIQUE; *par M. Wolher.* (An de Pog., t. 5, p. 404.)

On prépare du tellurure de sodium en chauffant dans un creuset du tellure ou du tellurure de bismuth natif avec du carbonate de soude et du charbon : on porte de suite le produit brut dans une cornue qui renferme une dissolution déjà bouillante de sulfovinate de baryte, et l'éther hydrotellurique distille immédiatement avec l'eau en produisant d'abord beaucoup d'écume.

Cette substance est liquide, d'un jaune de brôme, d'une odeur désagréable et pénétrante, très-vénéneuse, plus lourde que l'eau, insoluble

dans ce liquide. Son point d'ébullition est inférieur à 100°. Elle brûle avec une flamme blanche brillante, terminée par du bleu d'un aspect particulier. Le liquide exposé à l'air se transforme peu à peu en acide tellureux; l'acide nitrique l'attaque vivement avec dégagement d'oxyde d'azote et le dissout. J'y ai trouvé 0,6878 de tellure.

Ce doit, par conséquent, être l'éther hydrotellurique simple $C^4H^{10}T$, qui se compose de :

Carbone.	0,2614
Hydrogène.	0,0533
Tellure	0,6853
	1,0000

---

49. *Nouvelles recherches sur l'*ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE; par M. Deville. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p, 444.)

L'essence de térébenthine étant considérée comme une substance homogène, donne naissance à un nombre illimité de substances isomériques avec elle, et pouvant, dans certains cas, présenter des caractères chimiques et physiques, tels qu'ils permettent d'établir bien nettement des différences entre elles et avec l'essence de térébenthine elle-même. La loi qui règle leur formation est bien simple. Tout réactif qui agit sur l'essence, et sur ces substances elles-mêmes, pour les dégager d'une combinaison dont elles font partie, les modifie dans leur état moléculaire et les transforme en d'autres substances qui, quelquefois, n'ont de commun avec celle qui leur a donné naissance que la composition élémentaire. Ainsi donc, chaque réaction crée un nouveau corps.

---

50. *Sur la conservation des* BOIS; par M. Boucherie. (Compt. rend. de l'Ac., t. 11 et t. 12.)

On peut rendre le bois beaucoup plus durable, lui conserver son élasticité, le préserver des variations de volume qu'il éprouve par la sécheresse et l'humidité, diminuer sa combustibilité, augmenter sa ténacité et sa dureté, et enfin lui donner des couleurs et même des odeurs variées en l'injectant de substances diverses.

La faculté d'aspiration de l'arbre lui-même suffit pour porter, du pied du tronc jusqu'aux branches, les liquides qu'on veut introduire dans le tissu ligneux, et la seule condition indispensable, c'est que ces liquides ne soient pas à un trop haut degré de concentration.

La manière la plus simple de procéder serait de couper par le pied l'arbre en pleine végétation et de le plonger dans une cuve renfermant la liqueur qu'on a l'intention de lui faire absorber : celle-ci monte en quelques jours jusqu'aux branches les plus élevées : tout le tissu ligneux est envahi à l'exception du cœur de l'arbre, qui, pour les essences diverses et les gros troncs, résiste toujours à la pénétration.

Il n'est pas nécessaire de conserver toutes les branches et toutes les feuilles de l'arbre : il suffit, pour déterminer l'ascension du liquide destiné à remplacer la séve, que l'on conserve un bouquet à son sommet.

Mais il est plus facile encore d'abattre l'arbre, d'en élaguer les branches inutiles et de mettre sa base en contact avec les liqueurs destinées à l'absorption : celles-ci pénètrent de la même manière dans toutes les parties du végétal. On peut

encore percer à la tarière des cavités au pied d'un arbre encore planté dans le sol, y introduire ainsi le liquide conservateur, et en déterminer l'ascension qui est complète et rapide.

La substance la plus recommandable pour préserver le bois de la carie, en augmenter la dureté et en prolonger la durée, est le pyrolignite de fer, obtenu en mettant en contact avec de vieilles ferrailles l'acide acétique impur qui résulte de la distillation du bois. Cet acide a d'ailleurs l'avantage de renfermer beaucoup de créosote, qui, comme on le sait, est la cause du pouvoir conservateur de la fumée sur les viandes et les salaisons, et qui agit de la même manière sur les bois pour les durcir et les préserver de la pourriture.

Au lieu de pénétrer les bois d'un liquide conservateur par aspiration vitale, on peut opérer par simple filtration de la manière suivante.

On coupe le bois nouvellement abattu, peu importe dans quelle saison, en billes de *telles longueurs* que l'on désire, on pose ces billes verticalement et on adapte à leur extrémité supérieure des sacs en toile imperméable, faisant fonction de réservoirs, dans lesquels on verse incessamment les dissolutions salines ou autres, dont on a fait choix pour donner au bois des qualités nouvelles. Dans le plus grand nombre des cas, le liquide pénètre promptement par l'extrémité supérieure, et presqu'au même instant la séve s'écoule. Pour quelques bois, qui renferment de grandes quantités de gaz, cet écoulement ne commence que lorsque ces gaz sont expulsés, et alors la séve tombe sans interruption. L'opération est terminée quand on recueille, par l'extrémité inférieure de ces pièces de bois, des liqueurs parfaitement identiques avec

celles qui ont été versées sur la partie supérieure.

Dans le plus grand nombre des cas, la séve qui s'écoule ne contient que quelques millièmes de matière solide; quoique le bois renferme plusieurs centièmes de matière solubles.

Les bois les plus légers ne sont pas ceux qui se laissent pénétrer le plus facilement, ainsi qu'on serait disposé à le croire. Le peuplier résiste beaucoup plus que le hêtre, le charme et le saule bien plus que le poirier, l'érable et le platane.

---

51. *Améliorations introduites dans la fabrication du* Gaz de la houille; par M. Penot. (Revue scient., t. 4, p. 58.)

La houille menue mouillée contient 0,21 d'eau : lorsqu'elle a été desséchée à une douce chaleur, elle en retient encore 0,10. Dans cet état 1 kilogramme produit :

160 litres de gaz de bonne qualité.
92 — de mauvaise qualité.
252

Tandis que la houille complétement privée d'eau donne :

240 litres de gaz de bonne qualité.
62 — de mauvaise qualité.
332

Cependant l'expérience en grand, faite à Mulhausen, a montré que, pour avoir le meilleur résultat, il faut non pas dessécher complétement la houille, mais y laisser 0,02 d'eau, afin que le courant de gaz n'entraîne pas la poussière menue qui pourrait boucher les conduits.

---

52. *Sur la décoloration de l'*HUILE DE PALMIER *et des autres corps gras*; par M. Davisson. (Edinb. journ., avril 1840.)

On triture du chlorure de chaux humecté d'eau de manière à en former une pâte qui ait la consistance de la crème. On fait fondre le corps gras, et lorsqu'il est liquéfié on y verse le chlorure en agitant continuellement; le mélange se prend en masse dure par le refroidissement; on brise cette masse en petits morceaux, et on expose ensuite ceux-ci à l'action de l'air et de la lumière pendant deux ou trois semaines, après quoi on met la matière dans une chaudière en fer doublée de plomb, et on verse dessus un poids d'acide sulfurique égal au poids du chlorure employé et étendu de vingt fois son poids d'eau. On fait bouillir le tout à une température modérée, jusqu'à ce que la matière grasse se sépare bien nettement de la spatule : alors on laisse refroidir, et le corps gras qui vient nager à la surface se trouve décoloré et parfaitement pur. La dose d'acide prescrite est plus grande que celle qui serait nécessaire pour la saturation de la chaux du chlorure; mais cet excès facilite la séparation de l'huile, et comme on peut employer le résidu pour une autre opération, il n'y a aucune perte.

---

53. *Nouvelle méthode d'analyse des* EAUX SULFUREUSES; par M. Du Pasquier (An. de Ch., t. 73, p. 310.)

Les meilleurs réactifs connus de l'acide sulfhydrique, y compris le nitrate d'argent ammoniacal,

sont infidèles, puisqu'ils n'indiquent pas même des quantités très-notables de cet acide libre ou combiné.

L'iode en solution dans l'alcool employé en même temps que l'amidon, est au contraire un réactif tellement sensible de l'acide sulfhydrique, qu'il peut déceler d'une manière non douteuse une goutte de sulfhydrate alcalin étendu dans un hectolitre d'eau. Voici comment on doit en faire usage.

On a un tube de verre (*sulfhydromètre*) effilé par un bout en pointe capillaire, et muni d'un bouchon par l'autre bout. Ce tube est gradué, et pour faire l'expérience on le remplit jusqu'au zéro d'une teinture alcoolique d'iode, telle que chaque degré représente 1 centigramme d'iode, et par conséquent chaque division de degré 1 milligramme.

On met dans une capsule de porcelaine une quantité déterminée de l'eau minérale à examiner, on y ajoute quelques gouttes de dissolution d'amidon très-clair; puis le sulfhydromètre étant débouché, on laisse découler goutte à goutte la liqueur iodurée qu'il contient dans l'eau minérale, en agitant celle-ci continuellement. Tant qu'il reste quelques traces d'acide sulfhydrique libre ou combiné dans l'eau, l'iode disparaît immédiatement en décomposant cet acide, et l'amidon ne se colore pas; mais, dès que la saturation est opérée, la moindre trace d'iode suffit pour lui communiquer une belle couleur bleue. On bouche alors le sulfhydromètre, on note la quantité de liqueur qui s'est écoulée, et l'on a d'après cela la quantité d'iode qui s'est combinée avec l'hydrogène, et par suite la proportion exacte de l'acide sulfhydrique.

---

54. *Faits pour servir à l'histoire des* EAUX MINÉRALES SULFUREUSES; par M. Anbergier. (Revue scient., t. 4, p. 227.)

Je me suis assuré, en examinant la source minérale de Bruzant, à Cauterets, que les eaux minérales renferment du gaz acide carbonique qu'elles laissent dégager par l'ébullition.

On sait que, lorsqu'on les fait bouillir, il se dégage également et principalement de l'hydrogène sulfuré de toutes ces eaux; mais on n'était pas d'accord sur la question de savoir si le soufre s'y trouve à l'état de monosulfure ou de sulfhydrate de sulfure de sodium. J'ai examiné cette question, et ayant reconnu que les eaux se désulfurent complétement au contact de l'air, c'est-à-dire se changent en eaux sulfatées sans qu'il se dépose la plus petite trace de soufre, ce qui devrait arriver si *elles* renfermaient un sulfhydrate, et que de plus *elles* renferment de la silice en dissolution, j'en ai conclu que le soufre y était contenu à l'état de monosulfure de sodium, et que c'est l'action de la silice qui détermine un dégagement d'hydrogène sulfuré à la chaleur de l'ébullition, comme le font tous les acides en général.

Pour vérifier cette hypothèse, j'ai chauffé dans un ballon du monosulfure de sodium ne contenant pas du tout d'hydrogène sulfuré avec du quartz hectique porphyrisé, qui comme on sait est de la silice soluble dans les alcalis, et j'ai reconnu qu'il s'en dégageait beaucoup d'hydrogène sulfuré, et qu'après un certain temps la liqueur contenait de la silice en dissolution.

Il est indubitable que la silice que renferment les

eaux sulfureuses est le produit des roches primitives qu'elles traversent, et que le sulfure alcalin corrode peu à peu.

---

55. *Sur la formation directe des* NITRITES; par M. Fritzsche. (Institut. n° 342, p. 232.)

On verse de l'acide nitrique sur de l'amidon, et on fait passer le gaz acide nitreux qui se dégage dans une bouillie un peu claire faite avec de l'oxyde de plomb porphyrisé et de l'eau : la masse blanchit et finit par se dissoudre, et la solution jaune foncé que l'on obtient, évaporée à une douce chaleur, donne une quantité considérable de nitrite de plomb en écailles jaunes et soyeuses; il ne se forme qu'une très-petite quantité de nitrate de plomb dans cette opération.

---

56. *Action de* L'ACIDE NITRIQUE *sur les* CHLORATES, IODATES ET BROMATES DE POTASSE ET DE SOUDE; par M. Penny. (Instit. n° 366, p. 445.)

A l'aide de la chaleur, l'acide nitrique décompose le chlorate de potasse avec dégagement de chlore et d'oxygène à l'état de mélange, et de telle manière qu'il se forme trois équivalents de nitrate de potasse pour un équivalent d'hyperchlorate; il en est de même de l'acide nitrique et du chlorate de soude. L'hyperchlorate de soude est un sel déliquescent qui cristallise en petits rhombes et qui se décompose par la chaleur, mais qui n'est pas altéré par l'acide hydrochlorique.

Lorsque l'on fait bouillir pendant quelque temps

un grand excès d'acide nitrique avec l'iodate de potasse, le sel est totalement décomposé, et l'acide iodique cristallise; mais si l'on rapproche presqu'à sec, il se produit un mélange de bi-iodate et de nitrate, puis si l'on chauffe le mélange de sel desséché, tout l'acide nitrique est chassé, et il ne reste que l'iodate neutre.

Avec l'iodate de soude et l'acide nitrique, le résultat est le même. Si l'on ajoute à de l'iodate de soude un grand excès d'acide iodique, il se forme un tri-iodate; ces deux sels sont anhydres. L'iodate neutre peut prendre 2, 6 et 10 atomes d'eau selon les circonstances.

L'acide nitrique décompose le bromate de potasse en mettant en liberté la totalité de l'acide bromique, qui au moment où il se dégage se résout en ses deux éléments, le brôme et l'oxygène.

---

57. *Note sur un fait relatif à la* CHLOROMÉTRIE; par M. Gay-Lussac. (Compte rendu de l'Ac., t. 12, p. 626.)

Lorsqu'on expose pendant un certain temps une dissolution de chlorure de chaux à la lumière solaire, et qu'on l'essaye ensuite avec l'acide arsénieux, elle donne un titre qui semble croître rapidement jusqu'à décupler et même centupler; mais c'est une fausse apparence. Le chlorure ou chlorite $ClO + CaO$ se transforme à la lumière en hypochlorate de chaux $ClO^4 + CaO$, qui n'est plus sensible à l'action immédiate de l'acide arsénieux. Le nitrate de mercure protoxydé agit, au contraire, de la même manière sur les deux sels; c'est-à-dire que, à part une faible altération de

titre due à une autre cause, il donne le même résultat pour le chlorite et pour l'hydrochlorite.

Cette transformation remarquable n'ayant lieu qu'à la lumière directe du soleil, et non pas à la lumière diffuse, ne diminue en rien la confiance qu'on doit avoir en l'acide arsénieux comme réactif fidèle pour la chlorométrie.

---

58. *Action de* L'IODE *sur le* CHLORURE DE POTASSE; par M. Millon. (Compte rendu de l'Ac., t. 12, p. 258.)

Le chlore ne décompose pas les iodates. L'iode, au contraire, décompose les chlorates. A froid il n'y a aucune action sensible; mais si l'on verse sur une quantité déterminée de chlorate de potasse trois à quatre fois son poids d'eau distillée, et qu'on chauffe à l'ébullition, l'iode qu'on ajoute à cette solution disparaît en quantité considérable, bien que la liqueur reste incolore, et elle reste incolore tant qu'on ne dépasse pas très-notablement dans l'addition de l'iode la proportion d'un équivalent par rapport à la quantité de chlorate employée. Lorsqu'on est arrivé à ce terme, le liquide se colore sensiblement en jaune, puis en brun, et l'on obtient, comme résultat final, de l'iodate neutre de potasse et du chlorure d'iode plus ou moins ioduré. Si l'on évapore à siccité, le chlorure d'iode se dégage, et l'iodate de potasse reste pur.

Dès le commencement de l'opération, il se produit du chlorure d'iode, et la formation de ce chlorure explique la réaction : l'iode sollicite le

chlore du chlorate à se combiner avec lui et à sortir ainsi du chlorate, tandis que l'affinité plus grande de l'iode pour l'oxygène, et la cohésion plus considérable de l'iodate, font entrer l'iode dans le chlorate à la place du chlore. On a $5ClO^5,KO + 6I = 5IO^5,KO + ICl^5$. Si l'on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique au mélange de chlorate et d'iode, il suffit d'élever légèrement la température pour que la réaction ait lieu et qu'elle se continue ensuite d'elle-même. Il est évident que dans ce cas l'oxydation de l'iode est déterminée par l'acide chlorique que l'acide nitrique met en liberté; il se forme de l'acide iodique qui, portant son action sur une nouvelle quantité de chlorate, élimine de nouveau de l'acide chlorique, et propage ainsi l'oxydation de l'iode et l'élimination de l'acide chlorique jusqu'à l'entière décomposition du chlorate. Dans cette réaction, on peut éviter presque entièrement la formation du chlorure *d'iode* en ajoutant l'iode peu à peu, et maintenant la liqueur à l'ébullition.

L'acide sulfurique et l'acide iodique conviennent tout aussi bien que l'acide nitrique pour commencer la réaction.

Ce procédé est certainement le plus simple et le plus expéditif que l'on puisse employer pour préparer l'iodate de potasse, qu'il donne parfaitement pur.

---

59. *Sur la fabrication de la soude en Angleterre*; par M. Preisser. (Acad. de Rouen, 1840, p. 66.)

Depuis que le soufre de Sicile est devenu cher,

on a cherché, en Angleterre, à l'extraire de divers produits artificiels et naturels.

MM. Cossage, à Stoke-Prior, près Birmingham, et M. Bell, fabricant de produits chimiques à Newcastle, ont presque simultanément découvert un procédé d'extraction de soufre des *charrées* de soude, au moyen de l'acide muriatique. Ils recueillent l'acide à mesure qu'il se dégage des fours en le faisant passer à travers une espèce de cône tronqué en maçonnerie, rempli de cailloux ou de morceaux de coke. L'acide muriatique, refroidi préalablement en passant par une série de tuyaux, se tamise à travers la masse de petits cailloux et se trouve en grande partie condensé. Un petit appareil à bascule, placé au sommet du cône tronqué, verse continuellement de petites quantités d'eau qui condensent encore mieux l'acide. Celui-ci se trouve à la vérité très-affaibli par ce mélange, mais il conserve encore assez de force pour décomposer les charrées.

Les charrées, qui sont, comme on sait, le résidu de la lixiviation de la soude brute, se composent d'oxysulfure de calcium, de carbonate de chaux, d'un peu de chaux caustique et d'un excès de charbon, et elles renferment plus de 60 p. 100 du soufre employé à la préparation de l'acide sulfurique destiné à convertir le sel marin en sulfate de soude.

On place ces matières dans une série de tonneaux à plusieurs fonds percés de trous, et on les arrose avec de l'acide muriatique, qu'on répand dessus en petits filets. Il y a décomposition du sulfure de calcium et du carbonate de chaux, et dégagement d'hydrogène sulfuré et d'acide carbonique; mais cet acide, à mesure qu'il passe sur de

nouvelle charrée, décompose lui-même de nouveau sulfure, malgré son peu d'énergie, avec production d'hydrogène sulfuré. Ce gaz est reçu dans un grand gazomètre, d'où un tuyau le mène sous la chambre de plomb, où on l'allume, et on le voit brûler tranquillement avec une large flamme bleuâtre quand l'appareil est disposé convenablement.

En brûlant, 1 at. d'hydrogène sulfuré se transforme en 1 at. d'eau et 1 at. d'acide sulfureux, qui sont précisément nécessaires pour produire de l'acide sulfurique au contact de l'acide hyponitrique. Plusieurs fabriques de Saint-Helms, et quelques-unes dans d'autres localités, marchent par ce procédé, et recouvrent ainsi la moitié du soufre qui leur est nécessaire pour la fabrication de la soude.

M. Cossage a mis aussi en usage le procédé qui a été imaginé par M. Pelouze, et qui *consiste* à décomposer par l'acide muriatique le *sulfure de* calcium obtenu en décomposant le plâtre, ou sulfate de chaux, par le charbon. Dans cette décomposition, que l'on opère dans des cylindres en fonte qui sont échauffés jusqu'au rouge cerise, il ne se forme que de l'acide carbonique sans mélange d'oxyde de carbone, quelle que soit la proportion du charbon. En employant 1 at. de plâtre et 2 at. de charbon, on obtient 2 at. de gaz acide carbonique. Un de ces deux atomes de gaz acide est suffisant pour la décomposition des charrées, et l'autre peut servir pour la décomposition du sulfure de calcium provenant de la réduction du sulfate de chaux. Ce sulfure, de même que la charrée, est mis dans des tonneaux munis de plusieurs fonds percés de très-petits trous et traversés

par le courant d'acide carbonique. On met le feu au courant d'hydrogène sulfuré qui se dégage, etc.

On a essayé aussi de réduire le sulfate de soude par le charbon dans des vases clos et à décomposer ensuite ce sulfure par l'acide carbonique, comme le sulfure de calcium. Mais jusqu'ici on n'a pas réussi, parce que le sulfure mêlé de charbon forme une masse dure et compacte qui ne se laisse traverser que difficilement par l'acide carbonique.

Enfin, on recueille maintenant les pyrites de fer qui se trouvent souvent en grande abondance dans les mines de houille, et l'on se propose de les traiter par le procédé suivant : on les calcinera sur la sole d'un four entourée par le foyer, et l'on utilisera le gaz hydrogène sulfuré qui s'en dégage toujours, à cause du contact de la houille; puis on traitera par l'acide muriatique le résidu qui se trouvera transformé en protosulfure de fer.

A Marseille, une société s'est, dit-on, constituée pour fabriquer la soude en décomposant directement le sel marin par calcination avec du carbonate d'ammoniaque, régénérant le carbonate d'ammoniaque au moyen du sel ammoniac obtenu et du carbonate de chaux, et ainsi de suite.

Enfin, l'on sait que M. Balard a entrepris l'exploitation des eaux mères des marais salants, pour en extraire le sulfate de soude pendant les froids de l'hiver, et il paraît que son entreprise a eu un plein succès.

---

60. *Action du* GAZ AMMONIAC *sur les* CHARBONS *ardents ; formation du cyanhydrate d'ammo-*

niaque et dégagement de gaz hydrogène; par M. Langlois. (Compte rendu de l'Ac., t. 12, p. 253.)

On a cru jusqu'à présent que l'ammoniaque gazeuse, en passant sur les charbons incandescents, produisait de l'acide cyanhydrique avec dégagement d'azote et de carbure d'hydrogène. Mais les choses ne se passent pas ainsi, et j'ai reconnu que lorsqu'on emploie du gaz bien sec et du charbon fortement calciné, il ne se dégage que du gaz hydrogène tout pur, en même temps qu'il se produit du cyanhydrate d'ammoniaque, que le froid condense en petits cristaux prismatiques sur les parois du récipient.

Ce sel précipite en bleu les sels de fer. La solution de potasse en dégage de l'ammoniaque; l'acide sulfurique étendu en sépare de l'acide cyanhydrique. Il est très-volatil, noircit au bout de quelque temps, et d'autant plus promptement que la température est plus élevée. Le chlore et le brôme le décomposent avec formation de chlorure et de bromure de cyanogène. Renfermé dans un flacon tenu au milieu de la glace, il se conserve durant un certain temps. Sa stabilité paraît plus grande que celle du cyanhydrate obtenu par les procédés ordinaires. Il est très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, et moins dans l'éther. C'est un poison des plus violents. Il est composé de

1 équivalent d'acide cyanhydrique. . .	342,389
1 équivalent d'ammoniaque.	214,478

Sa formule est donc $C^2Az^2H^2 + Az^2H^6$.

Comme on obtient toujours l'acide cyanhydrique en mettant en présence, à l'état naissant, le cyanogène et l'hydrogène, il est naturel de penser

que le cyanogène joue le même rôle que les corps halogènes dans les hydracides. Cependant, le fait que je viens de faire connaître porterait à croire qu'un azoture d'hydrogène, sortant d'une combinaison, peut aussi s'unir au carbone et produire l'acide cyanhydrique, sans que la formation préalable d'une molécule binaire, azote et carbone, soit nécessaire. On pourrait donc admettre qu'une proportion d'ammoniaque Az^2H^6, au contact des charbons ardents, se transforme en $Az^2H^2 + H^4$, et que ces 4 at. d'hydrogène, 2 équivalents, sont remplacés par 2 équivalents de carbone pour constituer l'acide cyanhydrique $C^2Az^2H^2$, qui entre aussitôt en combinaison avec une proportion d'ammoniaque non décomposée. Dans ce cas, le carbone se substituerait à une partie de l'hydrogène de l'ammoniaque, comme le chlore se substitue à l'oxygène dans les oxydes métalliques soumis à l'action de ce corps, à chaud. Cette explication de la formation du cyanhydrate d'ammoniaque est plus simple que celle qui consisterait à représenter sa composition par du cyanure d'ammonium. En effet, il faudrait admettre dans ce cas qu'un équivalent d'ammoniaque est complétement décomposé, que l'azote s'unit au carbone, que des 6 at. d'hydrogène 4 se dégagent et 2 se combinent à une proportion d'ammoniaque pour la transformer en ammonium. La réaction, considérée de cette manière, me paraît trop compliquée pour qu'elle soit l'expression de la vérité.

L'action du gaz ammoniac sur les charbons ardents fournit en peu de temps une grande quantité de cyanhydrate d'ammoniaque. Ce procédé de préparation, qui est très-simple, me paraît préférable à tous les autres.

61. *Du* SULFATE ANHYDRE D'AMMONIAQUE; par M. H. Rose. (Ann. de Ch., t. 75, p. 388.)

Le sulfate anhydre d'ammoniaque préparé directement, que j'appellerai *sulfate-ammon*, s'obtient en poudre blanche non cristalline. Il est soluble dans son poids d'eau. En évaporant la liqueur dans le vide, il se produit un beau sel cristallisé, que j'appellerai *parasulfate-ammon*, et un autre sel qui est déliquescent.

Les réactifs ordinaires ne démontrent que d'une manière imparfaite, et à l'aide du temps seulement, la présence de l'ammoniaque et de l'acide sulfurique dans le *sulfate-ammon*. Pour doser l'acide sulfurique qu'il contient, il faut le mêler avec du chlorure de baryum, calciner au rouge et reprendre le résidu de sulfate de baryte par de l'eau aiguisée d'acide hydrochlorique. Sa composition est exprimée par la formule $So^3 + Az^2H^6$.

Le *parasulfate-ammon* cristallise en grands cristaux qui ont été étudiés par mon frère. Il est un peu plus soluble que le sel précédent, et sa dissolution se maintient neutre pendant longtemps. Il est caractérisé par la propriété de ne pas troubler les sels de baryte à froid, même quand on y ajoute de l'acide hydrochlorique : la précipitation a lieu à la faveur d'une longue ébullition. Il a la même composition que le sulfate-ammon.

Le sel déliquescent s'obtient en croûte mamelonnée cristalline : il est très-difficile de l'avoir pur. Sa dissolution trouble immédiatement les sels de baryte, mais sans que la totalité de l'acide sulfurique soit précipitée immédiatement à beaucoup près ; elle ne trouble pas immédiatement la dissolution de chlorure de strontium lorsqu'elles

sont étendues, mais elle précipite à l'instant les dissolutions concentrées, ce en quoi ce sel diffère du sulfate-ammon, qui ne trouble pas même les dissolutions de sel de strontiane.

Sa formule chimique est $So^3Az^2H^6 + \frac{1}{2} H^2O$. On pourrait le considérer comme une combinaison de sulfate ammonique et de sulfate d'ammoniaque. $SO^3Az^2H^6 + SO^3Az^2H^8O$. Il pourrait prendre naissance en saturant l'hydrate $2SO^3 + H^2O$, qui est contenu dans l'acide de Nordhausen, par du gaz ammoniac.

L'ammoniaque peut se comparer, sous certains rapports, au gaz oléfiant ou éthyle, ainsi que l'a déjà fait M. Dumas. Ils se combinent l'un et l'autre avec l'acide sulfurique anhydre à l'état d'oxyde. L'oxyde d'éthyle constitue, avec l'acide sulfurique anhydre, l'acide sulfovinique, et l'oxyde d'ammonium le sulfate d'ammoniaque. Enfin, l'acide sulfurique se combine avec le gaz oléfiant et l'ammoniaque, en proportion telle que la moitié de ces corps seulement peut être changée en oxyde. La première de ces combinaisons est l'huile de vin (sulfate de gaz oléfiant et d'oxyde d'éthyle); la seconde est le sel déliquescent qu'on tire des eaux mères du parasulfate-ammon.

---

62. *Recherches sur les propriétés diverses que peuvent acquérir les* PIERRES A CIMENT ET A CHAUX HYDRAULIQUE *par l'effet d'une incomplète cuisson, précédées d'observations sur les chaux anomales qui forment le passage des chaux hydrauliques aux ciments*; par M. Vicat. (Compte rendu de l'Académie, t. 12, p. 755.)

L'objet principal de ce mémoire est d'exposer

quelques propriétés singulières des substances argilo-calcaires incomplétement cuites, et certains cas anormaux des chaux hydrauliques. On sait que les chaux hydrauliques deviennent des ciments(1) quand la proportion de l'argile s'y élève à un certain degré : eh bien! dans cette transition, on remarque des composés qui sembleraient devoir participer des chaux éminemment hydrauliques et des ciments, et qui, en réalité pratique, ne sont ni l'un ni l'autre. Ces composés, que nous avons cru devoir désigner sous le nom de *chaux-limites*, étant complétement cuits (c'est-à-dire entiérement dépouillés d'acide carbonique), et traités comme ciments, débutent absolument comme ceux-ci; mais la cohésion instantanément acquise se perd après quelques heures par l'effet d'une extinction tardive qui, au lieu de produire une chaux hydraulique, ne donne qu'une espèce de *caput mortuum* presque sans valeur.

Les calcaires à chaux hydrauliques *ordinaires* ont aussi leurs singularités : ils peuvent devenir de bons ciments, ou donner des produits à peu près sans énergie,. par l'effet de divers degrés de cuisson.

On conçoit dans quelle confusion d'idées ces

(1) On appelait autrefois ciment la poudre de brique ou de tuileau. Ce nom lui est donné encore par quelques praticiens. Il en résulte des équivoques continuelles. La poudre de tuileau ne pouvant rien cimenter, rien lier par elle-même, ne saurait être un ciment : c'est une substance analogue à la pouzzolane, c'est une pouzzolane artificielle. Il serait temps de renoncer aussi aux dénominations *ciments romains* et autres semblables qui non-seulement n'expliquent rien, mais donnent au contraire souvent les idées les plus fausses sur l'origine des matières auxquelles on les applique.

transformations contradictoires peuvent jeter le praticien qui cherche à se rendre compte de la valeur hydraulique des matières qu'il doit employer.

Nous avions depuis longtemps pressenti qu'il deviendrait indispensable pour la technique de dépouiller ce dédale, et nous attendions de jour en jour qu'une main plus habile prît l'initiative. Mais la nécessité d'un tel travail s'est fait sentir tout d'un coup d'une manière si urgente, par suite des fâcheux mécomptes auxquels les difficultés dont il s'agit ont donné lieu sur divers travaux, que nous n'avons pas cru devoir hésiter davantage, bien que notre spécialité n'atteigne pas, tant s'en faut, aux hautes connaissances nécessaires pour traiter convenablement des questions qui se rattachent à ce qu'il y a de plus délicat dans la statique chimique.

Le point important pour le moment était de tracer une route certaine dans laquelle le simple praticien ne pût jamais s'égarer, et d'indiquer par quelques jalons les écueils des voies nouvelles essayées dans ces derniers temps. Les théories chimiques, même les plus exactes, ne sont pas un guide que chacun puisse prendre impunément; il n'est pas toujours facile de les interpréter comme elles devraient l'être, de faire la part des circonstances les plus insignifiantes en apparence, de réduire enfin à leur juste valeur, ou de restreindre dans des limites convenables les déductions qui en dérivent : ces variétés ressortiront avec évidence des faits nombreux exposés dans mon mémoire; ici je me bornerai à présenter les conséquences auxquelles ces faits conduisent.

CONCLUSIONS. 1° On rencontre sur la limite qui

sépare les chaux hydrauliques des ciments, des espèces de chaux tenant moyennement 53 pour 100 d'argile, et qui, rebelles aux procédés ordinaires d'extinction, paraissent vouloir être traitées comme les ciments, et débutent en effet de la même manière; mais elles lâchent prise après quelque temps en obéissant à une extinction lente dont l'effet est d'anéantir en grande partie les propriétés hydrauliques de la combinaison.

Les chaux-limites sont d'un emploi dangereux et doivent être proscrites dans tous les ateliers.

2° L'exacte imitation des chaux hydrauliques et éminemment hydrauliques par des mélanges de chaux grasses éteintes et de ciments, est impossible; car ces mélanges descendent au rang des chaux faiblement hydrauliques, si l'on donne à leur manipulation plus de temps que n'en exigent les ciments eux-mêmes pour faire prise. Or, les ciments faisant prise en quelques minutes, il est impossible en pratique de ne pas dépasser de beaucoup ce temps.

Donc, pour imiter les chaux hydrauliques naturelles, on doit s'en tenir au procédé connu, lequel est à la fois le plus simple et le plus direct.

3° Toute substance argilo-calcaire, capable de donner un ciment par une cuisson complète, donne encore un ciment par une cuisson incomplète, pourvu que le rapport de l'argile à la portion de chaux supposée libre dans l'incuit, ne soit pas au-dessus de 273 pour 100, ou, en d'autres termes, pourvu qu'il y ait moins de 273 parties d'argile pour 100 de chaux supposée libre.

Or, cette condition laisse une grande latitude pour la cuisson des ciments; il est évident que

la surcalcination est seule à craindre, et encore faut-il qu'il y ait scorification commencée pour que toute énergie soit détruite.

4° Toute substance argilo-calcaire, capable de donner une chaux-limite ou une chaux hydraulique par une cuisson complète, peut, par l'effet d'une cuisson incomplète, donner un ciment ou du moins un produit qui en a toutes les propriétés, pourvu que le rapport de l'argile à la portion de chaux supposée libre dans l'incuit ne soit pas au-dessous de 64 pour 100; car, au-dessous de 64, ou tout au moins 62 pour 100, non-seulement les incuits ne sont plus ciments, mais ils peuvent même descendre au rang des chaux les moins énergiques avec le grave inconvénient de l'extinction lente.

Or, comme on ne possède aucun moyen pratique de discerner de prime abord les incuits ciments de ceux qui ne le sont pas, et encore moins de régler la cuisson de manière à expulser uniformément, des fragments calcaires gros et petits, la quantité d'acide carbonique voulue, il en résulte qu'en pulvérisant les incuits pour les incorporer indistinctement dans un mortier, comme on a cru devoir le faire sur quelques travaux, on peut, au lieu d'améliorer ces mortiers, y introduire un véritable agent de destruction.

5° Toute fabrication de ciments avec des calcaires à chaux-limites incomplétement cuits offrirait de graves inconvénients, car les parties qui, nonobstant toute précaution, atteindraient le terme de la cuisson complète, ne pouvant être reconnues et rebutées par un triage, resteraient comme agent de destruction dans le ciment.

6° Tout essai direct, tendant à constater la

qualité d'une chaux hydraulique, doit être précédé d'une expérience qui puisse elle-même constater la quantité d'acide carbonique contenue dans cette chaux; car, si cet acide s'y trouve en proportion assez notable pour constituer un incuit non-ciment, l'essai indiquera comme mauvaise une chaux hydraulique qui, bien cuite, offrirait toute l'énergie désirable.

Il est impossible de ne pas attribuer à la présence des chaux-limites ou des mauvais incuits dans les mortiers, la dégradation des rejointoiements, la chute et l'efflorescence des enduits, les poussées et tous les autres accidents qu'on ne remarque jamais quand on emploie des chaux hydrauliques bien franches, bien éteintes et bien purgées d'incuits ou de tout ce qui y ressemble. Nous considérons l'introduction fortuite ou calculée des mêmes matières dans les ciments comme l'unique cause de l'exfoliation et de la pulvérulence à laquelle ils sont quelquefois sujets. Toutes nos assertions seront faciles à vérifier; nous ne demandons point qu'on les adopte sans examen, nous désirons seulement que dans le doute on veuille s'abstenir, et, en attendant, la vérité se fera jour.

Les anciens, dont l'expérience doit être comptée pour quelque chose, ne se bornaient pas à rejeter les incuits ou pigeons, ils voulaient encore que la chaux destinée à la construction des revêtements eût plus d'une année d'extinction. Ils avaient donc remarqué, même dans les chaux grasses, des parcelles paresseuses dont le foisonnement s'opère très-lentement (1).

(1) L'invention de la roue à manége, pour la confection

Nous dirons en passant que les ciments provenant d'incuits s'éventent et se détériorent absolument dans les mêmes circonstances que les ciments ordinaires. L'histoire de ces derniers est du reste en tous points applicables aux premiers en ce qui touche la conservation, le mode d'emploi, etc.

L'appréciation des qualités de la chaux hydraulique ou du ciment que peut fournir une substance calcaire donnée, peut se faire par l'analyse chimique avec plus de célérité et plus exactement peut-être que par les moyens directs. Mais pour cela on devra abandonner la méthode ordinaire, qui consiste à séparer l'argile du carbonate par un acide, et à l'attaquer par la potasse, car on réduirait alors en silice gélatineuse des parties quartzeuses qui ne sont pas susceptibles d'entrer en combinaison. Il faudra immédiatement convertir en chaux ou en ciment quelques grammes de la matière préalablement réduite en poudre très-fine, s'assurer qu'il ne reste plus d'acide carbonique, et dissoudre le tout dans un excès d'acide hydrochlorique. Le résidu non attaqué, s'il y en a un, donnera la quantité de silice ou d'argile non combinée et ne pouvant conséquemment concourir que faiblement à l'hydraulicité de la chaux ou du ciment. Le reste de l'analyse s'effectuera comme à l'ordinaire.

---

des mortiers, favorise l'introduction des incuits, parce qu'ils sont écrasés et disséminés ainsi dans la masse de l'alliage. L'emploi du rabot ne se prêtait point à ce mélange. Il n'est pas de bien sans compensation.

63. *Description d'un procédé pour durcir* le PLATRE, par M. Keene. (Compte rendu de l'Académie, t. 12, p. 991.)

On donne au plâtre une première cuisson qui le prive de son eau de cristallisation, puis, immédiatement après, on le jette dans un bain d'eau saturée d'alun; au bout de six heures on le retire de ce bain, et après l'avoir laissé sécher à l'air, on lui fait subir une seconde cuisson dans laquelle on doit le porter jusqu'au rouge brun. On le passe ensuite sous les meules; après quoi il peut être employé comme le plâtre ordinaire.

Les gypses les plus propres à subir cette préparation sont ceux qui sont les plus purs.

Le plâtre aluné doit être gâché serré, les surfaces sur lesquelles on l'applique doivent en outre être suffisamment mouillées pour éviter une absorption trop rapide. Sa prise n'est pas instantanée comme celle du plâtre ordinaire, et il se passe quelques heures avant que le desséchement commence à s'opérer; en sorte que l'on peut le remanier sans inconvénient. Sa dilatation et son retrait sont presque nuls; il adhère fortement au bois et à la pierre. Mêlé à des substances colorantes, il peut être employé comme marbre artificiel: le sulfate de fer lui donne la teinte de terre cuite.

---

64. *Description du procédé de fabrication du* FLINT-GLASS *et du* CROWN-GLASS, par M. Bontemps, directeur de la verrerie de Choisy-le-Roi. (Société d'encouragement, t. 39, p. 400.)

L'invention de M. Guinand père pour fabri-

quer le flintglass et le crownglass consiste dans le brassage de la matière en fusion, au moyen d'un outil de la même matière que le creuset. Il fit un cylindre creux en terre réfractaire de la hauteur du creuset, fermé par son extrémité inférieure, ouvert par le haut et ayant un rebord plat de quelques centimètres. Il introduisait dans le verre fondu ce cylindre chauffé préalablement au rouge, puis, au moyen d'une longue barre de fer coudée à son extrémité à angle droit sur une longueur de quelques centimètres qu'il engageait dans le cylindre en terre, il brassait le verre en imprimant à la barre un mouvement horizontal de rotation.

J'ai adopté, pour la fabrication du flintglass et du crownglass, un four rond dans le centre duquel je place le creuset, dont toutes les parties sont ainsi exposées à la même température, et j'ai adopté l'usage des creusets couverts, parce qu'avec cette forme de creusets on ne craint pas que des parcelles de combustible ou des larmes de la couronne ne viennent gâter le verre.

La forme et les proportions du four et du creuset entrent pour beaucoup dans la réussite de l'opération.

Je vais entrer dans le détail d'une fonte de flintglass et d'une fonte de crownglass.

Les *fig.* 1, 2, 3 et 4 de la *Pl. VI* représentent le four, le creuset, le cylindre en terre, le crochet et son support.

Le flintglass, d'une densité ordinaire, comme le cristal qu'on travaille pour service de table, etc., est composé ordinairement de 300 parties de sable, de 200 parties de deutoxyde de plomb,

et de 100 parties de sous-carbonate de potasse.

La densité de ce flintglass est de 3,1 à 3,2.

La composition suivante, exprimée en kilogrammes, donne la quantité nécessaire pour remplir le creuset : sable, 100 kil.; deutoxyde de plomb, 100 kil.; sous-carbonate de potasse, 30 kil.

Cette composition donne du flintglass très-blanc et d'une densité de 3,5 à 3,6, qui convient parfaitement aux opticiens.

Détail de l'opération du flintglass. On chauffe le creuset à part dans un four spécial consacré à cet usage, et, quand il est rouge-blanc, on l'introduit par les moyens ordinaires dans le four *de fusion* chauffé également; cette opération refroidit le four et le creuset. Il faut réchauffer le four pour le remettre au plus haut degré de température possible avant d'*enfourner* : cela s'obtient en trois heures environ; alors on débouche la *gueule* du creuset garnie de deux couvercles pour qu'il ne puisse pas s'y introduire de fumée, et on met dans le creuset environ 10 kilogrammes de composition; une heure après on enfourne 20 kilogr. de composition, puis deux heures après 40 kilogr.; à chaque fois on rebouche le creuset avec le plus grand soin, et on observe de n'enfourner que lorsque le charbon qu'on a mis sur la grille ne donne plus de fumée. Au bout de huit à dix heures, toute la composition se trouve enfournée; on laisse le creuset environ quatre heures sans l'ouvrir; puis on ôte les couvercles pour y introduire le cylindre en terre qu'on a chauffé dans le même four séparément du creuset, et maintenu rouge-blanc jusqu'à son introduction dans le creuset; on a soin de ne l'introduire que bien propre, exempt de par-

celles de cendre. A ce moment le flintglass est fondu, mais la matière est encore bouillonneuse; néanmoins, on met une barre à crochet dans le cylindre, et on fait un premier brassage qui sert à *enverrer* le cylindre et à opérer déjà un mélange plus intime; au bout de trois minutes environ, la barre est d'un rouge-blanc; on l'ôte, on pose le bord du cylindre sur le bord du creuset; ce cylindre, étant spécifiquement moins pesant que le verre, flotte légèrement incliné, parce que son bord supérieur est en dehors du verre. On remet les deux couvercles disposés de manière à ne pas repousser le bord du cylindre dans le verre, et on recommence le *tisage*. Cinq heures après on fait un nouveau brassage d'un crochet, on trouve le verre déjà bien raffiné, puis d'heure en heure un brassage d'un crochet; on a bien soin de ne faire chaque brassage qu'avec absence de fumée dans le four et les portes de caves fermées. Après avoir usé ainsi six crochets, on fait un *tisefroid*, c'est-à-dire qu'on met environ 25 à 30 centimètres d'épaisseur de houille sur la grille, ce qui forme une masse promptement réduite en coke, qui permet de refroidir le four sans laisser la grille à nu. On ouvre les *tisards* et les *ouvreaux*, tout le four et le creuset se refroidissent ainsi peu à peu; cette opération tend à faire monter les bulles qui ne sont pas encore dégagées. Au bout de deux heures cette opération est terminée, on remet le four en pleine fonte; après cinq heures de température poussée au maximum, le verre a repris la plus grande liquidité, les bulles ont disparu; alors on bouche exactement les grilles par-dessous, et on commence le grand brassage, c'est-à-dire qu'aussitôt qu'une barre à crochet est chaude, on lui en

substitue une autre, et ainsi de suite pendant environ deux heures. Au bout de ce temps la matière a pris une certaine consistance, le brassage ne se fait plus que difficilement; alors on ôte la dernière barre, on sort le cylindre du creuset, que l'on bouche bien exactement, ainsi que les cheminées et les ouvreaux, sauf un petit trou de 2 centimètres pour le dégagement du gaz qui pourrait se trouver encore dans le combustible. Quand il n'y a plus de dégagement de gaz, on achève de boucher le four, et on le laisse ainsi refroidir, ce qui dure environ huit jours : alors on enlève la porte du four, on extrait le creuset avec son contenu qui y est attaché, et ordinairement en une seule masse, sauf quelques fragments qui se détachent autour du creuset; il ne s'agit plus que de tirer parti de cette masse et des fragments, ce que nous expliquerons tout à l'heure. Nous allons auparavant donner le détail de l'opération du crownglass, qui, comme on le pense bien, a une grande analogie avec la précédente.

Fonte de crownglass. La composition qui m'a le mieux réussi, après bien des essais, résulte des proportions suivantes : sable blanc, 120 kil.; sous-carbonate de potasse, 35 kil.; sous-carbonate de soude, 20 kil.; craie, 15 kil.; arsenic, 1 kil.

Le creuset ayant été mis dans le four comme pour le flintglass, on complète l'enfournement de toute la matière en huit heures environ, puis quatre ou cinq heures après on introduit le cylyndre, et on fait un premier brassage, puis un brassage d'une seule barre, de deux heures en deux heures; on en fait six de cette même manière. On fait un tisefroid de deux heures, puis on réchauffe pendant sept heures, ce verre reprenant beaucoup

plus difficilement sa chaleur que le flintglass, et on fait le grand brassage, qui dure environ une heure un quart; on bouche le creuset, les cheminées, les ouvreaux, comme pour le flintglass, et on laisse refroidir. Assez ordinairement, comme pour le flintglass, on obtient une masse et quelques fragments.

On fait des faces parallèles polies sur les côtés de la masse, soit du flintglass, soit du crowpglass, pour examiner l'intérieur, et voir comment elle doit être divisée, car elle n'est jamais exempte de stries, qui se trouvent ordinairement ramassées dans une seule région. Après cet examen, on scie la masse par tranches parallèles, et en raison des observations qu'on a faites. Pour les fragments, on polit aussi des faces pour les examiner, et on en fait des disques résultant de leur poids; pour cela on les chauffe dans un premier four, puis on les introduit dans une moufle où on les chauffe seulement à la température nécessaire pour les mouler. Si le fragment est irrégulier, on le ramasse avec une pince, de manière à l'arrondir grossièrement, puis on le saisit avec une autre pince et on le pose dans un moule; enfin on le reprend avec la pince, et on le porte dans un four à recuire.

Explication des figures de la planche VI.

Fig. 1. Projection horizontale du four de fusion et du creuset.

Fig. 2. Coupe suivant la ligne EF, *Fig.* 1, c'est-à-dire suivant la longueur du tisard.

Fig. 3. Coupe verticale suivant la ligne CD du plan.

Fig. 4. Section verticale suivant la ligne AB.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans toutes les figures.

A. Siége qui supporte le creuset couvert B. CC, murs du four. DD, conduits par lesquels on projette la houille sur la grille. E, voûte ou couronne du four. F, Portine par laquelle on entre et on sort le creuset B ; dans cette portine est pratiqué un ouvreau. GGG, six cheminées. H, ouvreau. I, trou pour faciliter la pose du creuset sur le siége. K, barre recourbée pour agiter le cylindre en terre. L, support avec un rouleau en travers sur lequel s'appuie la barre K. M, trou garni d'un bouchon par lequel on projette la houille. N, trou garni d'un bouchon par lequel on décrasse la grille. O, hotte en tôle sous laquelle se rassemblent les cheminées.

aa, grille du four. *b*, gueule du creuset. *c*, niveau du verre fondu. *d*, cylindre en terre réfractaire pour le brassage. *e*, ouvreau. *ff*, chenets portant la grille. *g*, poitrine de l'ouvreau *e*.

---

65. *Description du procédé de fabrication du* FLINT-GLASS, par M. Guinand. (Société d'encouragement, t. 39, p. 469.)

M. Guinand, qui a perfectionné la fabrication du flintglass propre aux verres d'optique, a obtenu de la Société d'encouragement, dans sa séance générale du 11 mars 1840, un prix de la valeur de 6,000 fr., comme ayant rempli les principales conditions du programme (voyez *Bulletin de décembre* 1839, p. 473). Il a communiqué à la Société les détails du procédé au moyen duquel il produit des plaques de grandes dimensions dont la matière est très-dense et exempte de bulles et de stries.

Voici les proportions des diverses substances qui entrent dans la composition du flintglass.

Sur 600 parties, on prendra :

Minium	225
Sable de fontaine blanc	225
Potasse ou perlasse d'Amérique	52
Borax	4
Nitre	3
Manganèse	1
Arsenic	1
Résidu du flint des précédentes opérations	89
	600

Ces matières, qui doivent être parfaitement pures, principalement la potasse, sont réduites en poudre fine passée au tamis de soie et bien mélangée.

Le creuset dans lequel on jette cette poudre, et qui ne sert que pour une seule opération, est formé d'une argile réfractaire composée de trois parties de terre de forge bien brûlée et de deux parties d'argile de forge pulvérisée et passée au tamis n° 24. Il est cylindrique, surmonté d'un dôme surbaissé, et il a une large gueule pour l'introduction du cylindre; on le voit en coupe, *fig.* 1 et 3, *Pl. VII.* Il peut contenir environ 150 kilogr. de matières.

Après avoir fait chauffer ce creuset au rouge-blanc, dans un four à réverbère, on le place dans le grand four de fusion; au bout d'une heure et demie environ, il aura acquis la température de ce four; puis on y jette des résidus de flintglass des précédentes opérations; quand ces résidus sont fondus, on enverre le creuset, on chauffe de nouveau pendant une demi-heure et on retire les résidus. Après que le creuset a été exposé à la chaleur du four pendant une heure, on y introduit trois ou quatre pelletées de la composition, et on le bouche; le verre étant fondu au bout d'une heure, on enfourne une nouvelle quantité, on re-

bouche avec soin ; quatre heures après, quand la matière est fondue, on renfourne une dernière fois, et on met de la composition jusqu'à ce que les sels neutres coulent. Alors on donne un fort coup de feu, et quand le verre est suffisamment affiné, ce qui demande douze à quatorze heures, on débouche le creuset pour laisser monter les crasses, qu'on enlève. A ce moment, on introduit le cylindre en terre réfractaire représenté *fig.* 4, et qu'on a fait préalablement chauffer au rouge-blanc; on le pose sur le bord du creuset, on y engage le crochet *b*, adapté à la barre T, et on passe la cheville S dans les oreilles R du cylindre; ayant ainsi attaché la barre, on la suspend à la chaîne *U* et on commence le brassage en saisissant la poignée V, et tournant le cylindre par un mouvement horizontal de va-et-vient de la barre. Ce premier brassage, qui dure quarante ou cinquante minutes, fait disparaître les cordes. Le verre devient dur; on retire le crochet; on chauffe pendant une heure et demie, puis on recommence le brassage le plus chaud qu'il est possible pendant le même espace de temps. Les troisième et quatrième brassages se font comme les précédents, seulement on chauffe pendant quarante-cinq minutes; le verre devient alors un peu plus dur et les fils fins disparaissent. Le brassage étant terminé, on retire le cylindre, on laisse le creuset ouvert pendant une demi-heure, puis on le bouche hermétiquement, ainsi que les ouvreaux du four, et on laisse refroidir le tout pendant huit jours.

Les zones ou rondelles *a* qui entourent le cylindre, lequel est plein, excepté le trou pour recevoir le crochet, déterminent la réunion et l'expulsion des bulles, et rendent le brassage plus parfait.

Quand on retire le creuset du four, on trouve le flintglass en une seule masse ou en fragments qui se détachent facilement, et qu'on ramollit en les introduisant dans le four à réverbère; on les livre ensuite sous forme de disques aux opticiens pour en composer des objectifs.

Les fours sont alimentés avec de la houille de Mons, dont on consomme quatre voies (4,000 kil.), trois pour le four de fusion et une pour le four à réverbère.

On procède de la même manière pour le crownglass; mais on ne le brasse que pendant une heure.

Voici la composition de ce verre :

Sable.	400
Potasse.	160
Borax.	20
Minium.	20
Manganèse..	1

DESCRIPTION DU FOUR DE FUSION.

La *fig*. 1, est une coupe verticale du four sur la ligne AB, *fig*. 2.

Fig. 2. Section horizontale au niveau de la ligne CD, *fig*. 1.

Fig. 3. Section transversale et verticale.

Fig. 4. Le cylindre vu en élévation et en coupe.

Fig. 5. Détails des chevilles et de la barre.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans les figures.

A, siége qui supporte le creuset. BB, murs du four. C, voûte ou couronne du four. DD, cheminées au nombre de quatre. EE, tisards ou foyers. GG, grilles. HH, cendriers. II, ouvreaux. KK, bouchons des ouvreaux. L, poitrine par laquelle on enfourne et on retire le creuset. M, armature du four. N, creuset à dôme surbaissé. O, gueule du creuset. P, cylindre en terre cuite entouré de zones ou de rondelles *aa*, prises sur la masse. Q, ouverture percée dans le cylindre

pour recevoir le crochet *b* attaché à la barre. RR, oreilles du cylindre, dans lesquelles on passe la cheville en terre S, quand on place la barre T. U, chaîne de suspension de la barre. V, poignée de la barre.

---

66. *De l'analyse des* ALUMINATES NATURELS; par M. H. Rose. (Journ. d'Erdmann, 222, p. 358.)

On sait que les aluminates naturels, le spinelle, le pléonaste, la gahnite, le corindon, le saphir et le rubis, sont extrêmement difficiles à attaquer. Abich a découvert un très-bon moyen, qui consiste à employer le carbonate de baryte, mais ce moyen exige que l'on opère à une haute température dans le fourneau de Sefstrôme.

J'ai trouvé que tous les aluminates, sans exception, se laissent attaquer avec une étonnante facilité par le bisulfate de potasse, même en ne chauffant qu'au feu de la lampe à alcool à double courant d'air. On pulvérise le minéral dans un mortier d'acier, on le met sans le porphyriser dans un creuset de platine avec un excès de bisulfate de potasse, et l'on chauffe au rouge jusqu'à ce que la dissolution soit complète. Ordinairement un quart d'heure suffit.

J'ai traité par ce moyen plusieurs variétés de corindon, de spinelle d'Oker en Suède et la gahnite de Fahlun, et j'ai reconnu que ces minéraux ne renferment pas la plus petite trace de silice, et qu'ils donnent avec le sulfate de potasse une masse fondue parfaitement homogène. La silice que l'on indique presque toujours comme l'un des éléments accidentels des aluminates, provient évidemment des mortiers d'agate dans lesquels on les porphyrise.

La silice, lorsqu'il s'en trouve par mélange dans les aluminates, reste en suspension dans le sulfate alcalin fondu, sans qu'il s'en dissolve la moindre trace.

---

67. *Sur la précipitation de quelques* OXYDES MÉTALLIQUES *par l'eau*, par M. H. Rose. (Annales de chimie, t. 74, p. 72.)

Les sels de bismuth, de mercure et d'antimoine subissent la décomposition par l'eau déjà à la température ordinaire; mais il y a des bases qui ne sont séparées de leurs acides par l'eau qu'à une température élevée. De ce nombre il faut citer en première ligne le peroxyde de fer, qui est précipité par l'eau, à une température élevée, de la plupart de ses dissolutions neutres à l'état de sels basiques. Plus la dissolution du sel est étendue, mieux le peroxyde de fer se précipite, et plus la température à laquelle la précipitation commence est basse; de sorte que, d'après Scherer, si la liqueur est étendue jusqu'à un certain degré, on ne trouve presque plus de fer dans la dissolution. Comme les bases plus énergiques ne sont pas précipitées par l'eau, même à la température de l'ébullition, on s'est servi de cette propriété du peroxyde de fer pour le séparer des oxydes de nickel et de cobalt et d'autres oxydes métalliques. On peut même le séparer par ce moyen de l'alumine, qui lui ressemble sous tant de rapports, mais qui est une base bien plus énergique.

Plusieurs substances qui jouent le rôle de bases vis-à-vis des acides énergiques et le rôle d'acides vis-à-vis des bases fortes, se comportent avec l'eau

comme le peroxyde de fer; tels sont la zircone, la thorine, l'oxyde de cérium, l'oxyde d'étain, l'acide titanique, l'acide tantalique, l'acide tellureux; et l'on pourrait même y ajouter l'acide molybdique, l'acide tungstique et l'acide vanadique.

Plusieurs des oxydes précipités de cette manière acquièrent des propriétés qu'ils n'avaient pas auparavant. Ils se distinguent en général par leur indifférence plus prononcée; ils se dissolvent plus difficilement dans les acides, ou ne se dissolvent même pas du tout : tels sont l'acide titanique, l'acide stannique et beaucoup d'autres.

---

68. *Préparation de l'*ACIDE CHROMIQUE, par M. Fritzsch. (An. der chem., t. 50, p. 540.)

On ajoute à de l'acide sulfurique concentré une dissolution chaude et concentrée de bichromate de potasse, et on voit aussitôt se former *un dépôt* cristallin, rouge cramoisi, d'acide chromique, qui est pur, si l'on a soin d'éviter de mettre un excès de chromate, sans quoi il se mélange de sulfate acide de potasse. On enlève la liqueur par décantation, ce qui présente quelques difficultés; et on purifie ensuite l'acide par dissolution et cristallisation.

---

69. *Décomposition du* BICHROMATE DE POTASSE *par l'*ACIDE TARTRIQUE, par M. Winkler. (Ann. der pharm., t. 32.)

Si l'on mêle, à la température ordinaire, des équivalents égaux de bichromate de potasse,

d'acide tartrique et d'eau, le mélange s'échauffe et se colore en vert foncé, en même temps qu'il se dégage de l'acide carbonique; et l'on obtient une liqueur incristallisable qui renferme une combinaison d'oxyde de chrôme et de potasse mêlée de formiate de potasse.

---

70. *Sur un nouveau degré d'*OXYDATION DU FER, par M. Fremy. (Compte rendu, t. 12, p. 23.)

Quand on chauffe pendant quelque temps à la température d'un rouge vif, un mélange de potasse et de peroxyde de fer, on obtient une masse brune qui, reprise par l'eau, donne une dissolution d'un très-beau rouge violet. Ce composé peut être préparé plus facilement et en quelques minutes, en calcinant à une très-haute température un mélange de nitre, de potasse et de peroxyde de fer; ou bien encore un mélange de peroxyde de potassium et de peroxyde de fer.

On reproduit aussi ce corps par voie humide en faisant passer un courant de chlore dans de la potasse très-concentrée, tenant en suspension de l'hydrate de peroxyde de fer.

Ce composé est d'un beau violet et très-soluble. Une grande quantité d'eau le décompose; les alcalis le précipitent en brun de sa dissolution. Il paraît être beaucoup moins stable que le manganate de potasse. Dans certaines circonstances il se décompose, à la température ordinaire, en peroxyde qui se précipite, en oxygène pur qui se dégage et en potasse qui devient libre. Une température de 100° opère cette décomposition instantanément.

Toutes les matières organiques le détruisent, et il est à cause de cela impossible de le filtrer.

---

71. *Combinaison du* CHLORIDE DE FER *avec les* CHLORURES POTASSIQUE *et* AMMONIQUE; par M. Fritsch. (Institut. n° 342, p. 232.)

Le composé de chloride de fer et de chlorure de potassium est en cristaux d'un rouge jaunâtre qui appartiennent au système prismatique. Sa composition est exprimée par la formule



$$2KCl + FCl^3 + 2Aq.$$

Le composé qu'il donne avec le sel ammoniac est isomorphe avec le précédent, et il a pour formule



$$2NH^4Cl + FCl^3 + 2Aq.$$

---

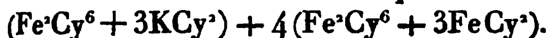
72. *Note sur le* BLEU DE PRUSSE; par M. Wohler. (An. der Phar., t. 35, p. 359.)

En versant goutte par goutte une dissolution de ferrocyanide de potasse dans une dissolution de chlorure de fer, de manière qu'il reste une portion de ce chlorure qui soit indécomposée, on obtient un précipité d'un beau bleu foncé tirant sur le rouge cendreux.

Ce précipité, soumis à l'analyse, après qu'il a été séché à l'eau bouillante, donne :

Fer.	25509
Potassium. .	5284
Cyanogène .	33684

Ce doit être un composé de ferrocyanide de potassium avec un bleu de Prusse particulier :



$$(Fe^2Cy^6 + 3KCy^2) + 4(Fe^2Cy^6 + 3FeCy^2).$$

---

73. *Moyen de recouvrir, par voie humide,* LE CUIVRE *et* LE LAITON *d'une couche de* ZINC; par M. Bœttiger. (An. der Phar. avril 1840.)

On met du zinc granulé dans une capsule de porcelaine, ou dans tout autre vase non métallique; on verse dessus une dissolution saturée de sel ammoniac; on chauffe jusqu'à l'ébullition, puis on plonge dedans les objets à blanchir, décapés avec de l'acide hydrochlorique étendu. Au bout de quelques minutes, ils se trouvent recouverts d'une couche brillante de zinc que le frottement n'enlève que très-difficilement.

---

74. *Forme cristalline de l'*ANTIMOINE; par M. Elsner. (Jour. für Chem. 1840.)

L'antimoine cristallise en rhomboèdres et non pas en octaèdres rhomboïdaux, comme Haüy l'avait annoncé.

---

75. *Moyen de séparer l'*ARSENIC *de l'*ÉTAIN; par M. Elsner. (Ann. der Pharm., t. XXXII.)

Le sulfure d'étain est réduit par l'hydrogène. Cette propriété donne le moyen de séparer l'arsenic de l'étain tout comme on le sépare de l'antimoine.

---

76. *Sur une nouvelle combinaison du* FERROCYANURE DE POTASSIUM *avec le* CYANURE DE MERCURE ; par M. Kane. (Phil. mag., février 1840.)

Dans la préparation du cyanure de mercure par l'action du ferrocyanure de potassium sur le deuto-sulfate de mercure, pour arriver à un bon résultat, il est indispensable de mélanger les deux substances exactement dans le rapport de leur équivalent, parce que le ferrocyanure en excès se combine avec le cyanure de mercure pour former un composé particulier.

On obtient très-facilement ce composé en dissolvant dans une quantité convenable d'eau *chaude* environ 1 p. de ferrocyanure de potassium *et* 3 p. de cyanure de mercure. Par le refroidissement, le nouveau sel se sépare à l'état de tables rhomboédriques d'une belle couleur jaune, presque aussi foncée que le ferrocyanure. Je l'ai analysé en précipitant le mercure par l'hydrogène sulfuré, *et en* grillant, pour doser le fer, etc., et j'ai trouvé que sa composition est telle qu'il y a autant de cyanogène combiné avec le mercure que dans le ferrocyanure de potassium.

---

77. *Note sur le* MINIUM ; par M. Levol. (An. de Ch., t. 75, p. 108.)

M. Dumas admet que le minium convenablement purifié a toujours la composition suivante : $PbO^2 + 2PbO$. C'est aussi ce rapport que j'ai constamment trouvé en analysant des miniums obtenus dans des circonstances nouvelles et par deux procédés différents que je vais décrire.

Le premier consiste à calciner, dans un creuset d'argent ou de platine, un mélange de 100 parties de protoxyde de plomb provenant de céruse calcinée, 25 de chlorate de potasse et 200 de salpêtre; ce dernier sel a pour but de donner au mélange une plus grande fluidité sans augmenter en pure perte la dose de chlorate.

En opérant de cette manière, l'action de l'oxygène sur l'oyde de plomb est tellement efficace, qu'il se trouve converti en oxyde puce : on peut préparer ainsi cet oxyde avec la plus grande facilité. Si l'on va plus loin, si l'on élève la température jusqu'au rouge obscur, le boursouflement diminue, la matière s'épaissit et l'on voit se former le minium. Il suffit de faire bouillir sur le résidu de l'eau chargée de potasse ou de soude caustique et de bien laver, pour obtenir le minium pur, avec la composition indiquée. Le produit est fort divisé et d'une belle couleur rouge légèrement orangée, comme celle des plus beaux minium du commerce.

On peut aussi obtenir du minium par la voie humide, en portant à l'ébullition, pendant une ou deux heures, une solution d'un plombate alcalin sur du bioxyde de plomb en poudre fine; la couleur du bioxyde s'éclaircit peu à peu et l'on finit par obtenir une poudre d'un rouge d'ocre. Cette poudre n'est autre chose que du minium, souillé ordinairement d'une petite quantité de l'oxyde puce qui n'a pas subi l'action du plombate; on l'en débarrasse aisément en le faisant digérer à chaud avec une solution d'acide oxalique, qui détruit l'oxyde puce sans attaquer la combinaison, et l'on enlève ensuite l'oxalate de plomb au moyen de la soude ou de la potasse caustique.

Le produit ainsi obtenu a toujours une teinte rouge plus foncée que celle du minium préparé par la voie sèche, mais elle s'éclaircit beaucoup et s'en rapproche sensiblement lorsqu'on le broie à l'eau; du reste, il a exactement la composition du premier minium, et la différence dans la teinte paraît uniquement due à la texture; il y a en effet quelque apparence de cristallisation dans le minium obtenu par la voie humide.

Mes analyses ont été faites en laissant en contact pendant vingt-quatre heures et agitant souvent le minium avec un excès d'acide nitrique à 15° seulement et sans élever la température, car autrement une portion du bioxyde est décomposée et il s'en dissout même une petite quantité qui colore la liqueur en violet. Je n'avais plus, après ce traitement, qu'à peser le bioxyde formant le résidu, mais je ne tenais compte de son poids qu'après m'être assuré qu'il était complétement soluble dans le nitrate de protoxyde de mercure, dont l'action est nulle sur le minium.

Les motifs qui me portent à admettre comme la plus vraisemblable la manière de voir d'après laquelle le minium est regardé comme une combinaison des deux oxydes, sont les suivants :

En admettant que le minium soit un oxyde particulier, intermédiaire à ces deux oxydes, chose inexplicable alors, le protoxyde de plomb étant calciné avec du chlorate de potasse, se peroxyde facilement; mais on ne peut de cette manière, ainsi que je m'en suis assuré, convertir le minium en oxyde puce.

L'acide oxalique fait à l'instant passer l'oxyde puce à l'état de protoxyde, mais n'altère point le minium; ce qui est, en même temps qu'un moyen

de purification, un bon caractère du minium. De ce que cet acide, de même que le nitrate de mercure au minimum et l'acide sulfureux, ramène le bioxyde de plomb à l'état de protoxyde et n'a point d'action sur le minium, on peut encore, ce me semble, inférer non-seulement que le minium est une combinaison des deux oxydes, mais que cette combinaison est même douée d'une stabilité remarquable.

---

78. Sulfate de plomb *artificiel cristallisé*; par M. Kuhlmann. (J. de Phar., t. 27, p. 159.)

Lorsque, dans les chambres où l'on prépare l'acide sulfurique, la vapeur nitreuse est en excès, le plomb est rapidement attaqué, et il se forme sur les parois de la chambre une couche épaisse de sulfate de plomb parfaitement cristallisé en aiguilles et en paillettes, d'un aspect soyeux comme le chlorure de plomb. La forme de ces cristaux est assez difficile à constater; elle paraît se rapprocher de celle du sulfate naturel. Ils sont à réfraction simple : on y remarque des prismes terminés par des pyramides et des tables rhomboïdales superposées en retraite les unes sur les autres. Le sel est anhydre, et il constitue un sulfate neutre parfaitement pur. Sa pesanteur spécifique est de 6,061 à 6,086.

---

79. *Recherches sur les* Sels de plomb *formés par l'acide hyponitrique et par l'acide nitreux*; par M. Péligot. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 860.)

Proust a observé le premier que le plomb se

dissout en quantité considérable quand on le met en contact avec une solution chaude de nitrate de plomb : le sel qui se produit se dépose, par le refroidissement de la liqueur, en forme d'écailles jaunes et brillantes.

La conclusion que tira Proust de cette expérience, fut que l'oxyde de plomb est réduit à un degré d'oxydation inférieur au protoxyde ; mais M. Berzélius, dans un travail publié en 1812, démontra que la dissolution du plomb s'opérait non pas par suite de la réduction de l'oxyde de plomb, mais aux dépens de l'acide nitrique contenu dans le sel employé.

Dans un travail fait et publié à la même *époque*, M. Chevreul arriva aux mêmes *conséquences* et décrivit deux sels distincts formés par l'action que des quantités différentes de plomb exercent sur le nitrate de plomb ; puis, dans un second mémoire sur ce sujet, il fit ressortir l'accord *qui* règne pour les analyses, et les différences *qu'on* observe dans les propriétés offertes par les sels étudiés simultanément par M. Berzélius et par lui.

Conduit incidemment, par suite des recherches que j'ai entreprises sur l'acide nitreux et l'acide hyponitrique, à analyser le sel de Proust, j'ai obtenu des résultats dont l'interprétation s'écarte beaucoup de celle qui est actuellement admise relativement à la nature de ce corps. En effet, je crois pouvoir démontrer qu'outre qu'il existe trois combinaisons bien distinctes formées par l'action du plomb sur le nitrate de plomb, deux de ces combinaisons contiennent, non pas de l'acide nitreux, ainsi que l'admettent MM. Berzélius et Chevreul, mais *de l'acide hyponitrique*;

ainsi ce dernier acide, qui est formé, d'après les analyses de Dulong, de deux volumes d'azote unis à quatre volumes d'oxygène, serait susceptible, contrairement à toutes les idées reçues, sinon de se combiner directement avec les bases, au moins d'exister, ainsi que l'acide nitreux, en combinaison avec elles.

J'ai préparé le sel de Proust en mettant en présence 1 équivalent de nitrate de plomb (2071), et 1 équivalent de plomb (1294). Il convient de prendre 63 de plomb pour 100 de nitrate. Si l'on emploie 78 de plomb, comme l'indique M. Berzélius, on obtient un mélange, ainsi que l'avait déjà observé M. Chevreul, du sel jaune avec le sel orange qui se forme après. Si, au contraire, on emploie moins de 1 équivalent de plomb, on a un produit mélangé de nitrate de plomb bibasique.

La réaction se fait et se termine à une température inférieure à 60 ou 70 degrés, sans qu'il y ait production de bioxyde d'azote : ce gaz ne prend naissance que par suite de la décomposition par la chaleur du sel jaune produit.

Dans le cas où ce dernier sel est mêlé de sel orange, on peut séparer d'ailleurs ces deux sels en traitant leur mélange par une quantité d'eau chaude insuffisante pour les dissoudre en totalité, et en profitant de la solubilité beaucoup plus grande du sel jaune.

L'analyse de ce sel a consisté dans la détermination directe de l'oxyde de plomb, de l'azote et de l'eau qu'il renferme.

Les résultats que j'ai obtenus s'accordent le mieux possible avec la formule



$$AzO^4, 2PbO, HO.$$

Ils s'accordent également bien avec le dosage de l'oxyde de plomb de M. Berzélius et de M. Chevreul; mais M. Berzélius, qui n'a pas déterminé l'azote, admet, par hypothèse et en se fondant sur l'existence nécessaire de l'acide nitreux dans ce sel, qu'il doit contenir 6,4 d'eau pour 100 : l'expérience donne seulement 3,2.

Ainsi l'équation très-simple



$$AzO^5,PbO + Pb + HO = AzO^4,2PbO, HO.$$

rend compte de la production de ce sel, qui, jusqu'ici, était fort obscure.

Le second sel qui se produit est de couleur rouge orangé : il s'obtient en dissolvant dans la solution bouillante de 1 équivalent de nitrate de plomb, $1\frac{1}{2}$ équivalent de plomb : on obtient par le refroidissement de la liqueur, un mélange de sel jaune et de sel orange; on enlève le sel jaune par l'eau bouillante, l'autre sel étant beaucoup moins soluble.

Les analyses de ce sel coïncident avec la formule



$$Az^2O^8, 7PbO, 3HO.$$

Sa composition est vérifiée par la synthèse; car en faisant bouillir l'hyponitrate bibasique avec de l'oxyde de plomb, on obtient ce même sel orange.

Enfin l'ébullition prolongée d'une solution de nitrate de plomb avec plus de deux ou trois équivalents de plomb, fournit le sel rose signalé par M. Chevreul, et dont la composition, d'après ses analyses, celles de Berzélius et les miennes, est représentée par la formule



$$AzO^3,4PbO,HO.$$

L'eau que renferme chacun de ces sels ne se dégage qu'à une température supérieure à 100°.

C'est seulement avec le sel rose et l'acide carbonique qu'on peut préparer le nitrite de plomb neutre; la liqueur jaune qui le contient, évaporée dans le vide, fournit des prismes jaunes, allongés, très-altérables; ce sel est fort différent de celui que M. Berzélius a décrit et qu'il a obtenu nécessairement mêlé de nitrate de plomb, puisque pour le produire il a employé le sel jaune de Proust.

Comme par les procédés d'analyse directe, les différences qui existent entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience portent toutes sur l'oxygène uni à l'azote pour former l'acide nitreux ou l'acide hyponitrique, et comme cette détermination de l'oxygène est le point culminant de la question, j'ai cherché à doser plus directement la quantité de cet élément, en mettant à profit, d'une part la propriété non connue que possède chacun des trois sels précédents de se dissoudre intégralement à froid dans l'acide acétique même concentré et en excès, et d'autre part l'action qu'exerce le peroxyde de plomb sur ces sels ainsi dissous. Cette action consiste à fournir de l'oxygène à l'acide nitreux où à l'acide hyponitrique pour les transformer en acide nitrique; l'acide nitreux dissolvant une fois plus de peroxyde de plomb que n'en dissout l'acide hyponitrique, et cet oxyde offrant un poids atomique très-élevé, l'emploi du peroxyde de plomb m'a paru de nature à fournir des résultats concluants sur la constitution de ces sels.

Or, les résultats que j'ai obtenus en mettant ainsi ces corps en présence, après avoir pris leur poids, et en déterminant la quantité de peroxyde

de plomb qui a été dissoute par chacun des acides contenus dans ces sels, confirment pleinement les formules que j'ai adoptées pour représenter la composition de chacun d'eux.

---

80. *Fabrication de la* Céruse *à Birmingham*; par M. Preisser. (J. de Phar., t. 26, p. 772.)

On humecte de la litharge très-divisée avec le centième de son poids d'acétate de plomb. On la place dans une suite de caisses fermées qui communiquent entre elles, et l'on fait passer à travers un courant de gaz acide carbonique, jusqu'à ce qu'elle soit complétement amenée à l'état de carbonate. Le gaz est produit par la combustion du coke dans un four à réverbère : il y est chassé par deux forts ventilateurs, et il passe auparavant par des tuyaux entourés d'eau, dans lesquels il se refroidit. Des espèces de râteaux, mus par une machine à vapeur, agitent sans cesse l'oxyde contenu dans les caisses et mettent toutes ses parties en contact avec l'acide.

La céruse préparée de cette manière est d'une grande blancheur et couvre bien. Les Anglais la préfèrent à la céruse de Clichy.

---

81. *Sur la solubilité de l'*Argent *dans le sulfate de fer peroxydé*; par M. Vogel. (J. de Phar., t. 26, p. 733.)

L'argent s'oxyde et se dissout dans une dissolution bouillante de sulfate neutre de peroxyde de fer, avec formation de sulfate de protoxyde. Lors-

qu'on rapproche ensuite beaucoup la dissolution, elle laisse déposer, par refroidissement, des petits cristaux, qui se composent d'un mélange de sulfate d'argent, de sous-sulfate de fer et d'argent réduit.

Le sulfate d'argent n'éprouve pas de réduction dans une dissolution de sulfate vert de fer, lorsque celui-ci est mêlé d'une quantité notable de persulfate.

Le chlorure d'argent mis en suspension dans une dissolution de sulfate de fer peroxydé résiste longtemps à l'action des rayons solaires sans être noirci.

Le sublimé corrosif en dissolution est ramené en totalité à l'état de protochlorure par l'argent, qui se chlorure lui-même.

---

82. *Sur la soudabilité des* MÉTAUX *et sur le damassé de l'*OR *et de l'*ARGENT ; par M. Fournet. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 1054.)

C'est un préjugé admis en chimie, que parmi tous les métaux il n'y a que le fer et le platine qui jouissent de la propriété de se souder à eux-mêmes sans fusion préalable. Cependant, quand on voit deux lames de plomb parfaitement polies acquérir par la simple pression une telle adhérence l'une pour l'autre, que malgré l'imperfection du contact, il faut un poids de plusieurs livres pour opérer la séparation, et qu'après cette disjonction les surfaces présentent de véritables étirements, on arrive à concevoir que le plomb lui-même doit être rangé au nombre des métaux soudables, avec cette seule différence qu'au lieu d'exiger une température plus ou moins élevée, il

possède déjà, dans les circonstances ordinaires, la mollesse suffisante pour que la soudure puisse avoir lieu.

Cette dernière considération m'a fait entrevoir la possibilité de traiter diverses poussières métalliques de manière à les amener à un état d'agglomération, de ductilité et de cohésion parfaites sans passer par l'intermédiaire de la fusion. J'exceptai pourtant du nombre les métaux aigres et fragiles; car le choc du marteau et la pression détruisent leur agrégation au lieu de l'augmenter. Cependant il serait peut-être possible de trouver des circonstances favorables à la cohésion de quelques-uns d'entre eux, puisque le zinc, par exemple, se laisse très-bien étirer à la filière, à une température voisine du point d'ébullition de l'eau, et que j'ai obtenu une fois accidentellement du bismuth très-pur et très-ductile par une sorte de liquation, en opérant la sulfuration partielle d'une masse de ce métal; si même ma mémoire ne me trompe pas, M. Chaudet serait parvenu au même résultat en suivant une autre marche.

Il était évident encore qu'il fallait éviter, dans ces opérations, les interpositions des poussières étrangères au métal à souder, parce qu'elles s'opposent au rapprochement de ses molécules; par conséquent aussi il fallait éviter dans l'opération la formation des oxydes qui jouent le même rôle que les autres poussières. Le fer, par exemple, se soude à lui-même, parce qu'il est capable de supporter sans se fondre une forte chaleur blanche qui permet d'obtenir la fusion de l'oxyde des battitures que les coups de marteau font jaillir hors des surfaces mises en contact; c'est encore par la raison contraire que le même fer simplement étiré

au laminoir et conservant une partie de son oxyde dans l'intérieur de ses pores, n'offre souvent autre chose qu'un paquet de fibres sans union intime et entre lesquelles la loupe fait reconnaître une poussière grisâtre qui n'est que l'oxyde interposé dont la présence détruit la cohésion de l'ensemble.

Ceci posé, j'opérai d'abord sur l'argent pulvérulent réduit du chlorure par l'acide sulfurique et le zinc. Cette poudre, tassée dans un creuset, fut soumise à un simple recuit qui en rapprocha les molécules suffisamment pour qu'elles pussent supporter sans gerçures de très-légers coups de marteau. Cette première précaution prise, je chauffai de nouveau, puis je soumis la masse à un nouveau martelage, et ainsi de suite; en sorte qu'au bout de quelques opérations j'obtins une barre parfaitement tenace, ductile et homogène, que je laminai et dont je fis fabriquer par la méthode du *repoussé*, un vase dont le poli mit en évidence la parfaite homogénéité. Ce traitement est, comme on le voit, la répétition exacte de celui qui a été suivi pour le platine.

J'essayai ensuite l'or obtenu en poudre par l'inquartation et le départ à l'eau forte; les résultats furent absolument les mêmes que pour l'argent.

Le cuivre devait se comporter d'une manière identique, si je parvenais à m'opposer à la formation de l'oxyde, et je tentai l'expérience sur la poudre métallique de la réduction du peroxyde par un courant de gaz hydrogène. Cependant j'éprouvai de grandes difficultés à cause de la facilité avec laquelle il se forme des traces d'oxydule, même en opérant sous le charbon. La méthode qui m'a le mieux réussi est la suivante. Je choisis dans le tube qui a servi à la réduction un

grumeau à peine cohérent de la grosseur d'une noisette ; je l'imbibe d'huile et chauffe rapidement au rouge, à l'aide du feu réductif du chalumeau, puis je martelle avec les plus grandes précautions; j'imbibe de nouveau d'huile, et ainsi de suite, en sorte que finalement il me reste après un déchet notable un petit prisme de cuivre rouge ductile que je peux ensuite forger et laminer comme l'or et l'argent.

Il est évident que l'oxyde de nickel, qui se réduit par le moindre contact des vapeurs charbonneuses, et que la flamme réductive du chalumeau précipite instantanément sous forme de poudre métallique, même au milieu du borax, se comporterait comme les métaux précédents, et *qu'il serait* possible d'obtenir ainsi des lames de ce métal jusqu'à présent si réfractaire.

Quoi qu'il en soit, la réussite si facile de mes tentatives sur l'or et sur l'argent me fit concevoir la possibilité d'obtenir un damassé de ces deux métaux, damassé qu'il est possible de produire par la fusion. Pour cela je disposai alternativement, dans un creuset, des couches de poudre d'argent et d'or, et l'opération me réussit à souhait, en suivant la même marche que pour les métaux pris isolément; mais la méthode imparfaite que je viens de décrire est naturellement susceptible de grands perfectionnements. On pourrait, par exemple, par le secours de la presse hydraulique, former une plaque de poudre d'argent suffisamment agglomérée pour se soutenir elle-même. Cette plaque serait découpée à l'aide d'un emporte-pièce, et l'on remplirait les vides avec de la poudre d'or aussi agglomérée. Il en résulterait une sorte de marqueterie que l'on con-

densersit par le recuit, puis par le martelage, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la masse eût acquis la densité et la cohésion métalliques. On conçoit qu'il serait très-essentiel, dans cette préparation, de tenir compte de la contractilité des métaux; autrement il y aurait des solutions de continuité, et par suite des déchirures. Cependant il ne faut pas trop s'effrayer de quelques légères gerçures qui pourraient se manifester au début de l'opération, car l'expérience m'a appris qu'elles finissent par disparaître sous l'effet du marteau et du rapprochement moléculaire. Il serait possible d'obtenir ainsi des caractères, des devises, des marbrures, en un mot des dessins d'or incrustés ou damassés dans une plaque d'argent, et réciproquement. Il serait possible encore de superposer l'or et l'argent, et de fabriquer directement par ce procédé un doré aussi épais que l'on voudrait, et plus solide que le vermeil ou le simple plaqué.

Le damassé serait encore susceptible d'être varié en polissant la surface or et argent, ou bien en donnant le mat, soit à l'argent seulement par les eaux fortes, soit à l'or en passant sur la surface du mercure que l'on vaporiserait ensuite On pourrait encore modifier les résultats et produire des colorations en *niellant* l'argent; cette opération m'a très-bien réussi, en enduisant la surface d'une lame d'argent avec de l'hydrosulfate d'ammoniaque et en exposant le tout dans une moufle au degré de chaleur strictement nécessaire pour effectuer la combinaison du soufre et de l'argent; après quoi il faut retirer du feu, car autrement les inégales dilatations du sulfure et du métal détermineraient un décapage qui s'annonce par la dé-

crépitation du sulfure. La masse ainsi sulfurée est d'abord terne et noire; mais le laminage que permet la ductilité du sulfure d'argent en rapproche ensuite suffisamment les molécules pour que son éclat métallique et sa couleur bleue d'acier soient mis en évidence.

Je dois ajouter encore que, pour obtenir des effets agréables, il faut éviter de mettre l'or en trop petites masses dans l'argent, car dans ce cas il se forme un alliage des deux métaux identique à l'or anglais, qui, à cause de sa pâleur, ressort peu vivement sur la lame d'argent.

Pour la même raison il faut se garder de pousser le laminage trop loin, autrement les parties d'or et d'argent qui sont alliées au contact s'étirent fortement et forment une zone intermédiaire plus ou moins large, dont la nuance est peu agréable. Cependant, en prenant les précautions convenables, on peut encore mettre à profit cette propriété que possèdent les deux métaux de s'allier sans fusion, car, en passant ensuite les lames damassées à l'eau seconde, on obtient une première série de zones ou de marbrures mates provenant de l'argent pur, puis une seconde série de veines blanches ou d'un jaune pâle, lesquelles, formées par l'alliage d'or et d'argent inattaquable, demeurent polies; et enfin, au milieu, règnent les bandes jaunes éclatantes, qui sont de l'or pur. Je dois, du reste, me contenter d'avoir donné ces indications, bien suffisantes pour mettre nos artistes sur la voie du perfectionnement, s'ils jugent que la découverte que je livre à la publicité soit susceptible de quelque emploi.

---

83. *Observations relatives à la cristallisation du* PLATINE; par M. Jaquelain. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 204.)

Si l'on chauffe le chloroplatinate de potassium jusqu'à fusion du chlorure de potassium, et si l'on prolonge pendant une heure environ l'action de la chaleur, on obtient le platine à l'état de paillettes cristallines très-brillantes. Lorsque l'on veut que ce métal soit dans les meilleures conditions pour être ensuite aggloméré par pression, martelé, etc., il faut faire en sorte qu'après la calcination du sel double, la masse soit à grains très-fins, poreuse et flexible; voici comment on y parvient :

Pour précipiter 100 parties de platine, on emploie une dissolution qui renferme 25 parties de chlorure de potassium et 36 parties de sel ammoniac. On décompose le précipité par petites portions dans un vase de platine, en ajoutant de nouvelles matières par-dessus la couche de sel précédemment réduit, et l'on termine par un coup de feu de quinze à vingt minutes. On lave la masse avec de l'eau acidulée d'acide hydrochlorique, et ensuite avec l'eau distillée, et enfin on la chauffe au rouge.

On introduit le platine ainsi préparé dans un cylindre en fonte poli et chaud; on fait subir au métal une première compression, à l'aide de petits chocs, pour arriver insensiblement à la force d'un mouton. Cette opération terminée, on porte la masse au rouge, puis on l'introduit de nouveau dans le cylindre en fonte, et l'on continue la compression jusqu'à ce que le lingot soit en état de supporter le martelage sous tous les sens.

83. *Sur un nouveau radical formé de* PLATINE, *d'azote, d'hydrogène et d'oxygène*; par M. Reiset. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 711.).

Le corps $PtCl^2Az^4H^{12}$, que l'on peut considérer comme le radical des sels de Gros, étant dissous dans l'eau et mis en contact avec une dissolution chaude de sulfate d'argent, donne lieu à un précipité de chlorure d'argent pur et à une liqueur incolore et neutre, de laquelle l'évaporation sépare un nouveau sel cristallisé ayant pour expression $Pt\,Az^4H^{12}O\,SO^3$.

Avec l'eau de baryte ce dernier sel *donne du* sulfate de baryte, et le corps $PtAz^4H^{12}O$, *qui a* toutes les propriétés d'une base salifiable ordinaire. Il est fortement alcalin, attire l'acide carbonique de l'air et s'unit directement à tous les acides, avec lesquels il forme des sels tous solubles et cristallisables.

Ces sels s'obtiennent avec facilité en traitant le radical $PtAz^4H^{12}Cl^2$ par une dissolution d'un sel d'argent.

Le radical $PtAz^4H^{12}Cl^2$, cristallisé dans l'eau, en retient un atome qu'il perd sans se décomposer lorsqu'on le chauffe légèrement.

RECHERCHES

Sur les roches et les minéraux des iles Féroë;

Par M. J. DUROCHER, Aspirant-Ingénieur des mines.

L'étude des minéraux avait déjà fait de grands progrès, et beaucoup de questions fondamentales de la géologie avaient été l'objet de profondes recherches, avant que l'on songeât à examiner la nature des roches qui composent l'écorce de notre globe. Celles qui sont formées de minéraux discernables à l'œil nu avaient pu seules être déterminées, mais toutes les roches à grains fins, telles que les porphyres, les trachytes, les basaltes et les laves, étaient restées non classées. M. Fleurian de Bellevue étudia le premier cette branche intéressante de la géologie, et il créa un nouveau champ de découvertes par l'emploi de l'analyse mécanique et microscopique. Remarques générales sur l'étude des roches.

Plus tard, M. Cordier fit l'application de ce procédé à un grand nombre de substances, et les belles recherches de ce savant jetèrent une vive lumière sur la nature de roches indéterminées jusque alors, et le conduisirent à la connaissance des éléments des basaltes, des laves, scories, tufs et autres produits volcaniques.

Alors la présence d'un élément feldspathique fut reconnue dans la plupart des roches, mais on

ne rechercha point s'il devait être divisé en plusieurs espèces : ce sont les travaux plus récents de M. Gustave Rose qui ont eu pour objet la détermination précise de ce minéral et la distinction de ses espèces.

Moyens de recherche.

Les moyens employés pour l'étude des roches consistent à les pulvériser et à en examiner la poussière et les grains à la loupe et au microscope. S'il y a plusieurs éléments d'une densité un peu différente, on fait usage de la lévigation pour les séparer ; et alors la matière est divisée en plusieurs parties dont chacune est examinée séparément : s'il y entre des substances magnétiques, on peut employer le barreau aimanté pour les isoler.

Emploi de l'analyse chimique.

Jusqu'à présent l'analyse chimique *a été* peu employée pour déterminer les éléments des roches : le principe général des recherches consistait essentiellement à isoler les éléments à l'état de particules très-fines, pour en examiner les caractères minéralogiques à l'aide d'instruments grossissants. Mais comme pour beaucoup de minéraux les caractères qu'il est possible d'apprécier sur de très-petits grains sont souvent insuffisants pour déterminer positivement l'espèce à laquelle ils appartiennent, il peut se présenter beaucoup de cas où ce genre de recherches ne conduise pas à des résultats certains. Il est évident que l'analyse chimique appliquée avec discernement peut être d'un immense secours pour faciliter la détermination des éléments qui constituent les roches, surtout lorsqu'on réunit ce mode d'investigation aux autres déjà cités. En général les roches d'une nature porphyroïde compacte, qui n'ont point une texture grenue, présentent beaucoup de difficultés

quand on essaye d'en distinguer les éléments au microscope; comme toutes les particules ont été intimement mêlées par la fusion, les parties constituantes sont bien plus difficiles à isoler, et c'est surtout dans ce cas que l'analyse chimique devient un puissant auxiliaire.

Ce mode d'investigation m'a paru indispensable pour déterminer quels sont les minéraux entrant comme éléments dans les roches de trapp que j'ai rapportées de mon voyage aux îles Féroë.

Généralités sur les roches de trapp.

On sait que les trapps forment une classe de roches encore indéterminée, qui a reçu le nom de *trapp*, de son mode de division prismatique, duquel résulte une disposition en forme d'escalier. Autrefois on y rangeait toutes les roches caractérisées par cette disposition, et dont les éléments constituants étaient inconnus : on en a séparé les basaltes et les porphyres pyroxéniques, mais on a conservé sous ce nom toutes les roches d'une composition encore inconnue, telles que celles qui constituent des formations puissantes sur les côtes de l'Ecosse et du nord de l'Irlande; ces mêmes roches forment la majeure partie du sol de l'Islande et toutes les îles Féroë. Comme souvent elles présentent de la ressemblance avec certaines variétés de *dolérite* ou de *basalte*, on leur a quelquefois donné ce nom, mais l'application de ces dénominations n'ayant point été généralement adoptée, et n'étant pas d'ailleurs basée sur une identité réelle, j'ai cru devoir conserver le nom primitif de *trapp*.

Roches de trapp des Féroë.

Les roches trappéennes des îles Féroë présentent plusieurs variétés; les unes ont dans la texture une apparence de lamellosité, les autres sont porphyriques et souvent amygdaloïdes. Cette variété

porphyrique est caractérisée par la présence de petits cristaux de feldspath disséminés dans une pâte gris verdâtre foncé, compacte ou à grains fins.

Ce feldspath s'y trouve sous forme de noyaux allongés qui ont un à deux millimètres de largeur et six à sept de longueur : à sa forme cristalline on le reconnaît pour une des espèces du genre feldspath ; les trois clivages suivant les faces verticales et la base sont très-visibles, et l'hémitropie à angle rentrant montre que ce minéral se rattache au deuxième système cristallin des feldspaths (prisme oblique à base de parallélogramme). Ce minéral est d'une faible transparence, tantôt d'un gris blanc, tantôt d'un jaune résineux ayant quelque ressemblance avec *le péridot*; alors les clivages n'y sont point nettement marqués, et par son aspect vitreux il semble se rapprocher du feldspath vitreux ou riacolithe. Quelques noyaux présentent l'éclat chatoyant, mais faible, et je n'en ai point vu qui fussent accolés les uns aux autres, de manière à offrir cette succession de zones obscures et éclairées, distinctive du labrador.

Le nombre des espèces feldspathiques s'est tellement multiplié par suite des travaux de M. Gustave Rose, que l'examen des cristaux et un simple essai par les acides ne peuvent plus suffire pour la détermination d'une espèce. En général, dans une roche basaltique ou trappéenne, la détermination précise de l'élément feldspathique est d'une grande importance; et dans le cas actuel où le feldspath se présente en petits cristaux susceptibles d'être isolés de la masse, tandis que l'autre élément correspondant au pyroxène, est en partie impossible à séparer, il était nécessaire de faire

une analyse complète du feldspath, car sa composition étant une fois connue, il devenait beaucoup plus facile de déterminer la nature du deuxième élément.

J'ai choisi les échantillons de trapp où le feldspath se trouvait le plus abondamment en cristaux distincts et faciles à isoler; j'ai réduit la matière en petits morceaux, et j'en ai séparé les cristaux de feldspath : j'ai eu soin de ne choisir que les plus purs; cependant il s'y trouvait disséminé çà et là de petits points noirs, très-brillants, à éclat métalloïde, consistant en nigrine ou titane oxydé-ferrugine; j'ai tâché de les séparer aussi parfaitement que possible.

Analyse du feldspath contenu dans le trapp porphyrique.

J'ai obtenu ainsi 2 gr. de feldspath, que j'ai réduit en petits grains, et dont j'ai pris la densité à cet état : elle était de 2,706.

Je me suis assuré d'abord que ce feldspath était attaquable par les acides : j'ai porphyrisé la substance par petites parties, en séparant successivement par la lévigation les particules les plus fines; ensuite je l'ai attaquée par l'acide muriatique concentré. Après quatre heures d'ébullition, j'ai évaporé à siccité et obtenu 1$^{gr.}$,055 de silice.

Ensuite la liqueur a été saturée par l'ammoniaque qui a précipité l'alumine, l'oxyde de fer et une portion du manganèse; le reste a été précipité avec quelques gouttes d'hydrosulfate d'ammoniaque. Toute la matière précipitée a été réunie et calcinée dans un creuset de platine : le tout pesait alors 0$^{gr.}$,65. En redissolvant dans l'acide muriatique concentré, il est resté un petit résidu de silice pesant 0$^{gr.}$,06. L'alumine, le fer et le manganèse ont été ensuite séparés à la manière ordinaire par l'emploi de la potasse et du succinate

d'ammoniaque : j'ai ainsi obtenu $0^{gr.},54$ d'alumine; $0^{gr.},081$ de peroxyde de fer et $0^{gr.},021$ d'oxyde rouge de manganèse, ce qui correspond à $0^{gr.},019$ de protoxyde de manganèse.

En versant de l'oxalate d'ammoniaque dans la dissolution qui contenait encore les terres et les alcalis, on a eu un précipité qui, dosé à l'état de sulfate, pesait $0^{gr.},49$; la quantité de chaux correspondante est $0^{gr.},204$.

La liqueur restante a été évaporée à sec; puis après avoir calciné pour chasser les sels ammoniacaux, on a ajouté quelques gouttes d'acide sulfurique pour transformer les chlorures en *sulfates*, puis on a donné un petit coup de feu *pour* que tout fût à l'état de sulfate neutre, et alors on a pesé la capsule de platine; on a eu par différence une quantité de sulfates pesant $0^{gr.},23$; ces sulfates ont été dissous dans l'eau et on y a versé de l'acétate de baryte qui a précipité l'acide sulfurique : le sulfate de baryte ainsi obtenu pesait $0^{gr.},40$, ce qui correspond à $0^{gr.},137$ d'acide sulfurique. La liqueur a été évaporée à sec et le résidu calciné: en reprenant par l'eau, les carbonates de potasse et de soude ont été seuls dissous, la magnésie et la baryte sont restées; on a redissous la magnésie seule par de l'acide sulfurique, et en évaporant la dissolution à sec on a obtenu $0^{gr.},118$ de sulfate de magnésie, correspondant à $0^{gr.},04$ de magnésie. Quant à la dissolution des carbonates alcalins, on y a versé de l'acide muriatique, et après avoir évaporé à sec, les chlorures ont été fondus et ont pesé alors $0^{gr.},091$; on les a redissous dans très-peu d'eau, on a ajouté du chlorure de platine et évaporé presque à sec. En reprenant par l'alcool à 25°, le chlorure de platine et de potassium est resté

non dissous; on l'a recueilli sur un petit filtre; après avoir été desséché à une douce chaleur il pesait o$^{gr.}$,031, ce qui correspond à o$^{gr.}$,009 de chlorure de potassium ou à o$^{gr.}$,006 de potasse. Calculé par différence le chlorure de sodium pèse o$^{gr.}$,082, ce qui correspond à o$^{gr.}$,044 de soude. En abandonnant le chlorure de platine et de sodium à une évaporation spontanée, on a obtenu de petits cristaux jaunes de chlorure platinico-sodique, ce qui démontre l'existence de la soude.

On a ici une vérification pour les quantités de potasse, de soude et de magnésie, puisque l'on connaît la quantité d'acide sulfurique correspondante à toutes ces bases. En la calculant d'après les quantités trouvées pour chacune des bases, on trouve o$^{gr.}$,133 d'acide sulfurique, quantité peu différente de celle o$^{gr.}$,137 trouvée par l'expérience. Ainsi on a pour résultat de cette analyse :

Silice.	1,061	53,05	27,557	27,557	6
Alumine.	0,540	27,00	12,610	=13,851	3
Peroxyde de fer. . .	0,081	4,05	1,241		
Oxyde de manganèse.	0,019	0,95	0,213		
Chaux.	0,204	10,20	2,865		
Magnésie.	0,040	2,00	0,774	= 4,469	1
Soude.	0,044	2,20	0,563		
Potasse.	0,006	0,30	0,054		
	1,995	99,75			

Il résulte de cette composition que ce feldspath est représenté par la formule $3(\ddot{A},\ddot{F})\dddot{S} + (\dot{C}a,\dot{M}g,\dot{M}n,\dot{K},\dot{N})\dddot{S}_3$ ou plus simplement $\dddot{R}\dddot{S} + \dot{R}\dddot{S}$.

D'après les analyses de Labrador faites jusqu'à présent, il était incertain s'il fallait prendre pour formule $\dddot{R}\dddot{S} + \dot{R}\dddot{S}$ ou bien $3\dddot{R}\dddot{S}^2 + \dot{R}^3\dddot{S}$. M. Beudant avait adopté cette dernière formule;

mais d'autres minéralogistes regardaient l'autre comme plus exacte. Enfin M. Abische, dans un mémoire publié récemment (Annales de Poggendorf, tome 50, n° 6), a décrit les analyses d'un grand nombre de feldspaths, et le labrador de l'Etna lui a fourni une composition qui doit être représentée par la formule $\dddot{\bar{R}}\,\dddot{S} + \dot{R}\,\dddot{S}$.

Le feldspath des îles Féroë m'ayant conduit à la même formule, doit être considéré comme appartenant à l'espèce labrador.

Division des trapps des Féroë en deux classes.

Il reste maintenant à déterminer le deuxième élément qui est associé au labrador dans les trapps des Féroë. En faisant divers essais sur ces roches, j'ai reconnu qu'elles pouvaient se partager *en deux* classes caractérisées par une propriété remarquable, les unes contenant de 2 à 3 1/2 p. 0/0 d'eau, les autres n'en contenant pas, ou bien n'en renfermant que 1/2 p. 0/0.

Description des trapps hydratés.

Les variétés hydratées sont verdâtres, elles ont une apparence lamelleuse qui les fait paraître simples; en général elles n'exercent pas d'action sensible sur l'aiguille aimantée ou bien ne la dévient que d'une fraction de degré ; cependant leur poussière est un peu attirable au barreau aimanté.

En examinant de près un grand nombre d'échantillons, on y distingue quelques lames d'un éclat métalloïde, d'une couleur gris bronzé, et d'un aspect assez analogue à l'espèce bronzée du diallage.

Si l'on considère les clivages, on n'en aperçoit qu'un seul; il paraît assez facile, et souvent même cette substance se présente en petits feuillets courbes, d'un jaune bronzé, ressemblant un peu à des

feuillets de mica. Tous ces caractères minéralogiques se rapportent à une espèce minérale qui paraît différente du pyroxène, mais ils sont insuffisants pour la déterminer avec certitude ; l'analyse chimique m'a paru le moyen le plus certain pour y parvenir.

J'ai d'abord voulu m'assurer si cette roche à structure lamelleuse était simple, formée d'un ou de plusieurs éléments : dans ce but je l'ai porphyrisée, et j'en ai examiné la poussière au microscope ; alors j'y ai reconnu deux éléments, l'un gris blanc, transparent, d'un aspect lamelleux, qui m'a paru être du feldspath ; l'autre était d'une couleur foncée, non transparent, mais il ne m'a point semblé présenter assez de caractères positifs pour en fixer la nature. Je me suis assuré d'une autre manière que le premier élément était du feldspath ; en pulvérisant divers échantillons de roche hydratée, à grandes et à petites lames, et en examinant la poussière à la loupe, j'en ai trouvé plusieurs où il était facile de reconnaître du feldspath labrador bien caractérisé. En général dans ces roches, la matière qui prend une structure lamelleuse est un mélange très-intime et en proportions variables de labrador et d'un autre élément ferrifère ; en certaines parties ce dernier élément prédomine, et forme des lamelles presque foliacées d'un aspect bronzé.

La densité de ces roches hydratées varie de 3,07 à 3,02 suivant la proportion du feldspath relativement à l'autre élément qui est beaucoup plus pesant.

En essayant l'action des acides, on reconnaît que l'élément ferrifère s'attaque, mais difficilement et avec lenteur : comme il se produit beau- Analyse des trapps hydratés.

coup de soubresauts pendant qu'on maintient la matière en ébullition, et qu'il est difficile de rendre l'attaque complète, quelque soin qu'on ait pris à porphyriser la matière, j'ai mieux aimé attaquer par le carbonate de baryte.

J'ai choisi pour mon analyse un échantillon de roche à larges lames, ne contenant pas de feldspath discernable à la loupe, n'exerçant pas sensiblement d'action sur l'aiguille aimantée, renfermant 3 p. o/o d'eau et d'une densité égale à 3,065.

3 gr. porphyrisés avec soin ont été mélangés intimement avec 15 gr. de carbonate de baryte et placés dans un creuset de platine qu'on a introduit dans un creuset de terre : celui-ci a *été soumis* pendant une heure à l'action de la plus forte chaleur qu'on puisse produire dans les fourneaux qui servent à faire les essais de cuivre. Après le refroidissement on a mis la matière à digérer dans un verre à patte avec de l'acide muriatique étendu : quand le tout a été décomposé, on a reconnu qu'il ne restait pas de matière non attaquée ; alors on a évaporé la dissolution à sec afin de rendre insolubles les dernières traces de silice : la quantité obtenue ainsi pesait 1gr.,404.

Dans la liqueur la baryte a été précipitée immédiatement en ajoutant le plus petit excès possible d'acide sulfurique : l'excès d'acide a été saturé avec de l'ammoniaque, puis on a précipité avec de l'hydrosulfate d'ammoniaque l'alumine, le fer et le manganèse. Le précipité, lavé avec de l'eau bouillie et contenant un peu d'hydrosulfate d'ammoniaque, a été redissous dans l'acide muriatique concentré, puis on a peroxidé le fer avec de l'acide nitrique, et opéré la séparation des trois bases ainsi

qu'il a déjà été dit ; on a obtenu 0gr.,432 d'alumine, 0,40 de peroxyde de fer, et 0,09 d'oxyde rouge de manganèse qui correspond à 0gr.,084 de protoxyde.

Le reste de l'analyse s'est fait de la même manière qui a déjà été décrite à l'occasion du feldspath ; seulement on a mis beaucoup de ménagement dans l'expulsion des sels ammoniacaux qui ici étaient en partie à l'état de sulfate. On a obtenu 0gr.,305 de chaux, 0gr.,286 de magnésie et 0,035 d'alcalis consistant principalement en soude, mêlée de très-peu de potasse.

Ainsi on a pour composition :

	Sur 3 gr.	Sur 100 gr.
Silice.	1,404	46,80
Alumine.	0,432	14,40
Peroxyde de fer.	0,400	13,33
Protoxyde de manganèse. .	0,084	2,80
Chaux.	0,305	10,16
Magnésie.	0,286	9,53
Alcalis.	0,035	1,16
Eau.	0,090	3,00
	3,036	101,18

Étonné de trouver une aussi faible proportion de silice, j'ai voulu contrôler l'exactitude de cette composition en répétant mon analyse ; mais dans cette nouvelle opération, j'ai suivi une marche plus rapide ; j'ai fait une attaque au carbonate de potasse, et j'ai opéré la séparation des divers éléments d'une manière semblable à la précédente, excepté pour la magnésie que j'ai séparée en la précipitant à l'état de phosphate double de magnésie et d'ammoniaque ; il va sans dire que la proportion des alcalis n'a pu être déterminée de cette manière.

J'ai obtenu :

	Sur 3 gr.	Sur 100 gr.
Silice.	1,395	46,35
Alumine.	0,440	14,66
Peroxyde de fer.	0,394	13,13
Protoxyde de manganèse. . .	0,080	2,66
Chaux.	0,310	10,33
Magnésie.	0,292	9,73
Alcalis non dosés.		

Les résultats de cette analyse étant peu différents, on peut regarder comme exacte la composition obtenue précédemment.

Mais il y a une correction à faire, car on a dosé le fer comme s'il était à l'état de peroxyde, *ce qui* n'est pas exact : dans le feldspath le *fer est* à l'état de peroxyde, mais dans l'autre élément il se trouve à l'état de protoxyde : on le reconnaît facilement en attaquant par l'acide muriatique concentré et faisant un essai avec le prussiate rouge de potasse. Il est possible de reconnaître ce qui est à l'état de peroxyde, vu que l'élément feldspathique, quand il est bien porphyrisé, s'attaque complétement par les acides ; pour ce qui est à l'état de protoxyde, le moyen le plus exact de le connaître est de le calculer par différence, car il est difficile d'attaquer complétement par les acides toute la matière sur laquelle on fait l'essai.

J'ai employé deux méthodes, l'une consistant à réduire le sel de peroxyde en sel de protoxyde par du cuivre rouge bien pur, l'autre consistant à précipiter directement le peroxyde de fer au moyen du carbonate de baryte préparé par voie humide. Dans les deux cas la substance porphyrisée avec beaucoup de soin a été attaquée par l'acide muriatique concentré et bouillant dans une fiole munie d'un tube effilé en pointe pour laisser

dégager les vapeurs. Après 1 heure d'ébullition constante, on a étendu la dissolution avec de l'eau bouillie et on y a mis deux petites plaques de cuivre très-minces, pesant en tout 1gr.,974. Après 3 heures de digestion à une température voisine de l'ébullition, la liqueur auparavant jaune a été décolorée; on a encore laissé digérer une heure de temps, puis les lames de cuivre ont été lavées, essuyées, et on a reconnu qu'elles avaient perdu en poids 0gr.,060, quantité de cuivre qui a dû réduire 0gr.,072 de peroxyde de fer à l'état de protoxyde.

3 gr. de la même roche ayant été attaqués semblablement, on a presque saturé la liqueur par de l'ammoniaque, puis on l'a mise à digérer pendant 2 heures avec du carbonate de baryte qu'on venait de préparer. Le fer précipité avec la silice, l'alumine et le carbonate de baryte en excès a été redissous dans l'acide sulfurique et on l'a précipité par la potasse en excès : on en a ainsi obtenu 0gr.,067.

En prenant la moyenne entre les résultats de ces deux expériences, on a 0,069 de peroxyde de fer : si l'on retranche cette quantité de celle obtenue dans l'analyse, il reste 0,331 de peroxyde, correspondant à 0gr.,297 de protoxyde; en faisant cette correction, on a pour composition définitive :

	Sur 3 gr.	Sur 100 gr.	Quantité d'oxygène.
Silice.	1,404	46,80	24,313
Alumine.	0,432	14,40	6,725
Peroxyde de fer. . . .	0,069	2,30	0,705
Protoxyde de fer. . .	0,297	9,90	2,254
Oxyde de manganèse.	0,084	2,80	0,628
Chaux.	0,305	10,16	2,854
Magnésie.	0,286	9,53	3,683
Alcalis.	0,035	1,16	0,294
Eau.	0,090	3,00	2,666
	3,002	100,05	

Il s'agit maintenant de déterminer dans cette composition ce qui appartient au feldspath labrador, afin de connaître par différence les principes qui constituent l'autre élément. Le labrador ayant une composition qui a été exactement déterminée par une précédente analyse, il est maintenant possible de faire la répartition de la silice et des bases : en effet les minéraux qui peuvent être associés au labrador sont le pyroxène, l'hypersthène ou le diallage ; ils sont tous des silicates de bases à 1 atome d'oxygène, l'alumine ne fait point partie essentielle de leur formule ; et alors si nous considérons toute la quantité d'alumine obtenue par l'analyse comme faisant partie d'une quantité correspondante de feldspath, *il est* facile d'en déduire les proportions des autres bases qui sont réunies à l'alumine pour former le feldspath. Si l'on calcule les rapports entre les quantités d'oxygène des éléments qui composent le labrador des Féroë, on trouve les proportions suivantes entre l'oxygène de l'alumine et celui des autres bases : 1 : 10 pour le fer, 1 : 15 pour la magnésie, 1 : 59 pour le manganèse, 1 : 4,4 pour la chaux, 1 : 20 pour les alcalis ; l'oxygène de la silice est d'ailleurs le double de celui du fer et de l'alumine ; alors le partage des quantités d'oxygène peut se faire ainsi qu'il suit :

	Quantités d'oxygène.	Labrador.			
Silice.	24,313	14 794	(6)	+9,519	
Alumine.	6,725	6,725	(3)		
Peroxyde de fer.	0,705	0,672		+0,033	=2,802
Protoxyde de fer.	2,254	0,000		+2,254	
Oxyde de manganèse.	0,628	0,113	(1)	+0,515	
Chaux.	2,854	1,528		+1,326	4,561=1,895+2 666
Magnésie.	3,683	0,448		+3,235	
Alcalis.	0,294	0,294			
Eau.	2,666	0,000		+2,666	

Les quantités de silice, fer, chaux, qui n'entrent pas dans le labrador composent une substance qui peut être représentée par la formule :

$$2\,(Mg, ca)\,S^2 + 3\,(f, mn)\,S^2 + 3\,Mg\,Aq;$$

ou bien, si l'on réunit ensemble toutes les bases :



$$2\,(ca, Mg, f, mn)\,S^2 + Mg\,Aq.$$

Dans tous les cas la composition de cette substance ne peut appartenir qu'à une espèce minérale analogue au diallage, puisqu'elle est formée d'un bisilicate de bases à 1 atome d'oxygène, plus l'hydrate de magnésie (1).

Jusqu'à présent dans les euphotides on avait regardé le diallage comme associé à du feldspath jade; mais, d'après des observations plus récentes, M. Gustave Rose considère le feldspath des euphotides comme du labrador; ainsi il n'y a pas lieu de s'étonner que ces deux minéraux se trouvent réunis ensemble dans les trapps des îles Féroë.

J'ajouterai que dans ces roches le partage des éléments a réellement lieu ainsi que nous l'avons fait, car la proportion de peroxyde de fer et d'alcalis est, à peu de chose près, celle qui doit correspondre à la quantité d'alumine; et de plus à 14,40 d'alumine correspondent 53,3 de labrador; ainsi l'échantillon de roche analysé est formé de 53,3 de labrador et de 46,7 d'un élément analogue au diallage.

Pour compléter l'étude des roches des îles

(1) Les nombreuses analyses qu'on a faites de l'espèce diallage n'ont point fourni une composition constante : dans toutes on a trouvé de l'eau de combinaison; les unes ont donné pour formule un bisilicate presque parfait ; les autres ont donné un grand excès de base qu'on peut alors considérer comme résultant d'un mélange d'hydrate de magnésie.

Féroë, il était nécessaire d'examiner si les variétés anhydres diffèrent par leur composition des variétés hydratées.

Analyse des trapps anhydres.

En général le feldspath labrador est très-visible et très-bien caractérisé dans la plupart des variétés porphyriques anhydres : comme il y entre en proportion beaucoup plus forte que dans les roches hydratées, leur densité moyenne est plus faible et s'élève généralement peu au-dessus de 3; et même un échantillon gris compacte m'a présenté une densité égale à 2,87; cet échantillon renfermait de petites veines très-minces de chaux carbonatée : il est à remarquer que cette substance se trouve souvent disséminée dans la roche, sans être visible même à la loupe. La plupart de ces roches sont magnétiques; elles attirent le pôle boréal et repoussent l'austral; j'en ai trouvé qui déviaient l'aiguille aimantée de plus de 30°, et qui possédaient des pôles.

Pour faire l'analyse, j'ai choisi un échantillon formé d'une pâte grise, porphyrique, dans laquelle étaient disséminés des cristaux de feldspath : j'ai pris celui qui agissait le moins sur l'aiguille aimantée, pour éviter qu'il s'y trouvât du fer magnétique en quantité assez notable pour influer sur la composition. J'ai réduit la matière en grains et j'ai séparé tous ceux qui contenaient du feldspath en parties discernables, afin d'opérer aussi exactement qu'il était possible sur la pâte enveloppant les cristaux.

J'ai fait une attaque au carbonate de baryte sur 3 gr. de matière, et j'ai suivi dans cette analyse la même marche qui a déjà été décrite précédemment; j'ai recherché de même la quantité de fer qui se trouvait à l'état de peroxyde, et finalement je suis arrivé aux résultats suivants :

	Sur 3 gr.		
Silice.	1,596	53,20	27,630
Alumine.	0,396	13,26	6,196
Peroxyde de fer. . . .	0,067	2,23	0,683
Protoxyde de fer. . .	0,475	15,83	3,603
Oxyde de manganèse.	0,015	0,50	0,112
Chaux.	0,153	5,10	1,432
Magnésie.	0,275	9,16	3,556
Alcalis.	0,030	1,13	0,289
	3,013	100,41	

On voit que la composition de cette roche diffère notablement de celle que nous avons trouvée pour la variété hydratée : les quantités d'alumine, de magnésie et d'alcalis sont peu différentes, mais il y a beaucoup plus de silice et de protoxyde de fer, et bien moins de chaux et de manganèse.

Si, de même que nous l'avons fait pour l'autre roche, nous considérons l'alumine comme résultant uniquement de la substance feldspathique, et que partant de là nous calculions les proportions des autres éléments qui doivent appartenir au feldspath, la répartition des quantités d'oxygène se trouvera déterminée ainsi qu'il suit :

	Quantités d'oxygène.	Labrador.			
Silice.	27,630	13,624	(6)	+14,006	
Alumine.	6,193	6,193	(3)		
Peroxyde de fer.	0,683	0,619		+ 0,064	= 6,843
Protoxyde de fer. . . .	3,603	0,000		+ 3,603	
Oxyde de manganèse. .	0,112	0,105	(1)	+ 0,007	
Chaux.	1,432	1,407		+ 0,025	
Magnésie.	3,556	0,412		+ 3,144	
Alcalis.	0,289	0,289			

Après avoir retranché ce qui appartient au feldspath, il reste un bisilicate de fer et de magnésie FS^2+MS^2 : or cette formule est précisément celle de l'hypersthène. On sait que l'hypersthène est un bisilicate de même que le pyroxène, et qu'il n'en

diffère, sous le rapport de la composition chimique, que par l'absence de la chaux qui se trouve remplacée par de la magnésie. Le minéral en question doit donc être considéré plutôt comme un hypersthène que comme un pyroxène; d'ailleurs, pour les caractères minéralogiques, l'hypersthène se rapproche beaucoup plus du diallage que le pyroxène, et comme la roche que nous considérons est associée et alterne avec la roche hydratée dans laquelle entre un élément diallagique, je pense devoir considérer la roche anhydre comme formée de labrador et d'un élément hypersthénique.

Examen du tuf. Les coulées de trapp dont l'accumulation successive a formé les îles Féroë n'ont pas *été produites* d'une manière continue; elles *se sont* succédé à des intervalles de temps plus ou moins longs, pendant lesquels se formaient des bancs peu épais d'une matière tufacée de diverses couleurs; grise, verdâtre ou rouge de brique. Ce tuf examiné à la loupe paraît formé d'une *multitude* de petits grains juxtaposés et présente la structure arénacée. Il renferme de 15 à 16 p. o/o d'eau, dont la moitié environ se dégage à 100 ou 150°, et le reste à une chaleur beaucoup plus élevée; la plus grande partie de cette eau appartient à des zéolites qui sont répandues dans le tuf sous forme de grains très-fins, seulement discernables à la loupe; on s'assure en effet que ce sont des zéolites en pulvérisant le tuf et le faisant digérer avec de l'acide muriatique étendu qui met à nu de la silice gélatineuse provenant des zéolites, et qui laisse inattaquées toutes les autres substances. Il est facile de reconnaître que ces zéolites se sont produites dans le tuf même et ne proviennent pas de la destruction des zéolites contenues dans les

trapps; car en examinant le tuf à la loupe, on y distingue beaucoup de petites cellules remplies incomplétement de zéolites, qui ont une texture rayonnée vers le centre de la cellule. J'ai pulvérisé le tuf, et l'examen de la poussière m'a montré qu'il renfermait de petits noyaux feldspathiques, des grains de titane oxydé ferruginé et de fer magnétique titanifère, et qu'il était composé en majeure partie d'une multitude de petits grains provenant de la destruction des roches de trapp; en outre il contient un peu de chaux carbonatée. Ainsi il paraît avoir une origine analogue à celle des tufs trachytiques de la campagne de Naples, et on doit le regarder comme un dépôt sédimentaire: on y trouve des débris de végétaux et des indices de lignite; et dans l'une de ces îles (Suderoë) il est lié avec des bancs argileux contenant un dépôt carbonifère, dont j'ai rapporté plusieurs échantillons.

Analyse du lignite de Suderoë.

Le combustible qu'on y exploite est d'un aspect très-brillant, à cassure conchoïde, d'un beau noir semblable à du jayet; mais il n'est pas homogène; on y trouve entremêlées des parties schisteuses d'un noir mat. Cependant, à en juger d'après l'aspect extérieur, on le prendrait pour un bon combustible, et on serait porté à lui supposer beaucoup de valeur, si les essais chimiques ne venaient le démentir.

Il brûle difficilement et laisse beaucoup de cendres; 5 gr. incinérés sous une moufle, dans une capsule de platine, ont laissé un résidu de $1^{gr},90$ ou 38 p. o/o; les cendres étaient argileuses et formées d'un mélange de parties blanches et rougeâtres.

10 gr. calcinés en vase clos ont perdu $3^{gr},75$ de

matière volatile : le résidu était formé de grains dont les uns avaient conservé leur forme anguleuse et leur aspect terne, et dont les autres s'étaient un peu arrondis et avaient éprouvé un commencement de fusion, mais pas assez pour être agglutinés ensemble ; la dissimilitude de ces deux sortes de grains résulte de la non-homogénéité de ce combustible.

3 gr. étant chauffés lentement dans une petite cornue, il a passé à la distillation des eaux acides et une huile jaunâtre, chargée de bitume. Les produits liquides ont été recueillis dans une petite fiole et pesaient $0^{gr.}$,84, ce qui correspond à 28 p. 0/0. Les produits gazeux connus par différence correspondent à 9,50.

On voit que ce combustible rentre dans la classe des lignites, et est représenté par la composition suivante :

Charbon.	24,50	24,50
Matière liquide. . .	28,00	= 37,50
Produits gazeux. .	9,50	
Cendres.	38,00	38,00
	100	100

Les îles Féroë se trouvant par leur position géographique intermédiaires entre l'Écosse et l'Islande, et étant isolées au milieu de la mer, comme un jalon placé entre ces deux contrées, j'ai pensé qu'il pourrait y avoir des relations d'analogie entre les roches trappéennes des Féroë et celles d'Islande ou d'Écosse, les unes et les autres ayant eu évidemment la même origine et ayant formé des coulées.

Comparaison des trapps des Féroë avec ceux d'Islande.

Comme il existe au muséum du Jardin des Plantes de très nombreuses collections des roches d'Islande, qui ont été rapportées par M. Robert,

j'ai pu faire une comparaison très-détaillée des trapps de l'Islande et de ceux des Féroë. Lorsqu'on passe en revue un certain nombre d'échantillons de ces deux contrées, on ne tarde pas à en trouver qui ont une ressemblance frappante : mais comme en Islande le phénomène des éruptions ne s'est point arrêté à l'époque *trappéenne ancienne*, et qu'il s'est prolongé jusqu'à ce jour en subissant toutes les modifications qu'a éprouvées le phénomène volcanique, depuis l'état d'éruption des trapps jusqu'à celui des laves modernes, il faut distinguer en Islande les produits anciens des produits plus récents, afin de ne mettre en rapport que la série analogue à celle qui existe aux Féroë. Les roches apportées d'Islande présentent à peu près les mêmes variétés; il y en a qui ont l'apparence lamelleuse et ne contiennent pas de feldspath discernable ; d'autres sont porphyriques et formées d'une pâte grise au milieu de laquelle sont répandus des cristaux de feldspath. Ce feldspath est tout à fait semblable à celui des Féroë; tantôt il est gris-blanc, lamelleux, tantôt il est jaune et d'un aspect vitreux ; il présente aussi l'hémitropie à angle rentrant : essayé par les acides, il est complétement attaqué et la dissolution contient beaucoup de chaux; ainsi le feldspath d'Islande est aussi du labrador, et paraît identique avec celui des Féroë.

Quant au deuxième élément, pour en constater l'identité, il aurait fallu faire une analyse complète des roches d'Islande : les caractères minéralogiques se trouvant les mêmes, je me suis contenté de faire des essais pour reconnaître s'il y avait aussi parmi ces trapps des variétés hydratées. J'ai choisi des échantillons verdâtres à structure

lamelleuse, dont l'aspect se rapprochât le plus de celui des trapps hydratés des Feroë. Mais comme il se trouvait un peu de chaux carbonatée disséminée à l'intérieur de la roche, je ne pouvais déterminer la quantité d'eau par une simple calcination, j'ai été obligé de le faire par distillation. J'ai opéré sur deux échantillons, l'un à grandes lames qui m'a fourni 4, 15 p. 0/0 d'eau, l'autre à petites lames qui m'en a donné 2,10. La densité moyenne était 3,04.

Ainsi la formation trappéenne de l'Islande paraît composée des mêmes roches que celle des Féroë; leur aspect extérieur est très-semblable, l'élément feldspathique est le même, et il y en a dans les deux pays qui renferment de l'eau. J'ajouterai qu'en Islande, de même qu'aux Féroë, entre les coulées de trapp, on trouve intercalés de petits bancs d'un dépôt tufacé, très-analogue à celui des Féroë, ayant les mêmes couleurs, gris-jaune, verdâtre et rouge de brique, paraissant formé des mêmes éléments, ayant la même structure arénacée et contenant aussi des débris végétaux et du lignite. Ainsi l'analogie paraît complète, ces deux formations ignées semblent présenter la même composition minéralogique, et il est vraisemblable qu'elles se sont produites à la même époque.

Il serait intéressant de rechercher comment en Islande s'est continuée la période des éruptions ignées, comment s'est fait le passage des coulées trappéennes aux coulées de lave, quels sont les phénomènes qui ont accompagné ce passage, et quels changements progressifs se sont opérés dans la composition des produits qui ont émané du laboratoire souterrain.

Après avoir fait l'examen comparatif des trapps de l'Islande et des Féroë, j'ai voulu comparer ces derniers avec les roches semblables de l'Ecosse et de l'Irlande. Pour les caractères qu'il est possible d'apprécier d'après l'aspect extérieur, je n'ai point trouvé une ressemblance aussi grande que celle dont j'avais été frappé dans la comparaison des produits de l'Islande; et les essais que l'on peut faire sans entrer dans des analyses détaillées ne me paraissent point assez caractéristiques pour établir une identité. Voici le résultat de ces essais: tous les trapps sont facilement fusibles au chalumeau et donnent un émail noir, plus ou moins foncé; la plupart sont sensiblement magnétiques. En essayant l'action des acides, on reconnaît qu'ils sont attaquables complétement, et généralement ils s'attaquent avec plus de facilité que les trapps des Féroë. J'ai pu faire la détermination de l'élément feldspathique avec certitude : cet élément offre beaucoup de ressemblance extérieure avec celui des Féroë : l'angle rentrant, la solubilité dans les acides et la présence de la chaux en forte proportion suffisent pour le caractériser comme du labrador. Ce feldspath est quelquefois très-abondant dans les trapps de l'Écosse, et souvent il est tellement concentré qu'il constitue à lui seul presque toute la roche, ainsi que cela a lieu au mont North-Berwicklaw, près d'Edimbourg. L'identité du feldspath étant constatée, il restait à reconnaître si parmi ces trapps il y en a qui contiennent de l'eau de combinaison. Pour cela j'ai choisi ceux dont la structure fût un peu lamelleuse et dont l'aspect différât le moins des trapps hydratés des Féroë. Comme la plupart renferment un peu de chaux carbonatée en parties in-

Comparaison avec les trapps d'Écosse et d'Irlande.

discernables, j'ai dû employer le procédé de la distillation et doser directement l'eau, plutôt que de la déterminer par la perte au feu. Il est vrai qu'en distillant dans une petite cornue en verre, on ne peut pas chauffer aussi haut que dans un creuset de platine, et qu'alors on est exposé à doser l'eau un peu trop bas; mais pour des essais ce mode est suffisamment exact.

J'ai fait des essais sur trois échantillons provenant des localités les plus célèbres : le premier, venant de Dudley (dans le Straffordshire), *était* verdâtre, et présentait une apparence de lamellosité; par son aspect général il ressemblait un peu à certaines variétés des Féroë; à la distillation *j'en* ai obtenu 3 p. 0/0 d'eau.

Un autre échantillon provenant de l'île de Staffa (en Écosse) m'a donné 4,15 p. 0/0 d'eau.

Un troisième fragment détaché de la chaussée des Géants (en Irlande) m'a fourni 3,25 p. 0/0.

Ces deux derniers morceaux avaient une structure à petites lamelles, et leur couleur était d'un noir plus foncé, moins verdâtre que les trapps des Féroë; cette variation dans la couleur me parait due à la présence d'une moins grande quantité de feldspath labrador. Je remarquerai ici que dans la quantité d'eau dégagée par ces trapps il y en a d'un tiers à la moitié qui se dégage au-dessous de 200 ou 250°, et que le reste ne se dégage qu'à une chaleur voisine du rouge : en général cette eau jouit d'une propriété faiblement alcaline, qui paraît due à une très-petite quantité de matière ammoniacale.

En résumé les trapps d'Écosse et d'Irlande sont formés d'un élément feldspathique qui est du labrador, et d'un deuxième élément ferrifère, attaquable par les acides, et qui, au moins dans plu-

sieurs de ces roches, est combiné avec une certaine quantité d'eau; ils paraissent donc analogues aux trapps des îles Féroë, mais l'identité ne pourrait être constatée que par une analyse complète.

Observations générales sur la nature des roches.

Avant de passer à la description des minéraux qu'on trouve aux îles Féroë, je vais ajouter ici quelques observations générales sur la composition chimique et minéralogique des roches. Quand on examine les éléments essentiels dont sont composées les roches qui successivement ont fait éruption à la surface de notre globe, on reconnaît que ces éléments sont en très-petit nombre et se réduisent à ceux-ci : les diverses espèces du genre feldspath, le quartz, le mica et le talc, l'amphibole, le pyroxène, et enfin les trois minéraux essentiellement magnésifères, la serpentine, le diallage et l'hypersthène. Dans toutes les roches, les plus anciennes comme les plus modernes, il y a toujours un élément feldspathique, qui varie d'une roche à l'autre, mais sans que la loi de cette variation soit encore bien connue. Le quartz ne se montre comme élément constituant que dans les roches les plus anciennes de la série; il a disparu dès une époque très-reculée, et on ne le voit reparaître dans aucune des matières ignées qui se sont produites plus tard; de sorte que l'on pourrait diviser les roches en deux grandes classes, les roches anciennes contenant du quartz libre, et les roches modernes ou privées de quartz. Les premières sont caractérisées par l'état de fusion pâteuse; elles étaient assez molles pour s'injecter par les fentes, et s'épancher sous forme de champignons ou de dômes aplatis; mais elles n'étaient point assez fluides pour former des coulées. Les roches de la deuxième classe se présentent au con-

traire dans des circonstances qui tendent à leur faire supposer une plus grande fluidité : généralement elles ont dû être assez liquides pour se répandre en forme de coulées, et sous ce point de vue elles se rapprochent davantage des laves des volcans actuels, et semblent former un passage entre l'état d'éruption ancien et moderne.

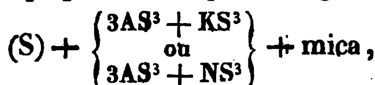
Division des roches en cinq groupes.

En partant de la considération des éléments qui composent les roches, on a poussé extrêmement loin leur subdivision en espèces; mais je pense qu'il est possible de les réunir en un petit nombre de groupes, et d'en former une classification systématique, basée sur leur composition chimique et minéralogique, en suivant une marche analogue à celle que l'on emploie en botanique et en zoologie. Comme chaque roche est composée essentiellement de deux éléments silicatés, l'un feldspathique contenant des alcalis et des terres, l'autre contenant seulement des terres et de l'oxyde de fer, on peut suivre deux marches différentes dans la division des roches, et prendre pour base soit l'élément feldspathique qui varie d'une roche à l'autre, soit l'élément ferrifère. Il me paraît préférable de prendre pour base ce dernier élément; il en résulte des divisions plus tranchées, se succédant plus naturellement, et mieux en harmonie avec les relations qu'ont les roches entre elles. On peut alors diviser les roches en cinq groupes ou types principaux auxquels toutes les espèces se rattachent naturellement.

Le premier groupe est celui des roches granitiques ou roches ternaires, formées de quartz, feldspath et mica ou talc; la base de ce groupe est un élément micacé ou talqueux. Le quartz est toujours invariable, le feldspath se présente sous

deux états : dans les granites les plus anciens, c'est du feldspath à base de potasse ou orthôse, et dans les granites les plus modernes souvent l'orthôse est remplacé par du feldspath à base de soude ou albite.

Ce groupe peut être représenté par la formule :



$$(S) + \left\{ \begin{matrix} 3AS^3 + KS^3 \\ \text{ou} \\ 3AS^3 + NS^3 \end{matrix} \right\} + \text{mica},$$

plus le mica dont la formule n'est point encore fixée définitivement.

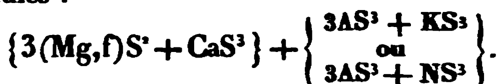
Le deuxième groupe, composé des roches amphiboliques, comprend les siénites, amphibolites, diorites, en un mot toutes les roches formées de cristaux d'amphibole et de feldspath, composant entièrement la roche ou disséminés dans une pâte formée des mêmes éléments.

Ce groupe contient encore du quartz, mais il y entre comme mélange accidentel, sans en former un élément indispensable. Le feldspath est tantôt de l'orthôse, tantôt de l'albite; mais l'orthôse est plus fréquent dans les variétés grenues (les siénites), et l'albite dans les variétés porphyroïdes (les diorites). L'amphibole peut être regardée comme formée d'un trisilicate de chaux et d'un bisilicate de fer et de magnésie, et déjà on peut faire cette remarque qui se vérifiera pour tous les groupes suivants, que l'élément associé au feldspath dans toutes les roches, excepté les granites, est un composé silicaté de bases à un atome d'oxygène et ne contient pas d'alumine (1) : cette différence établit une distinction bien tranchée entre

(1) On trouve bien un peu d'alumine dans certains pyroxènes, mais il est très-probable qu'elle ne s'y trouve qu'à l'état de mélange et ne doit point entrer dans la formule de ces minéraux.

l'élément feldspathique et celui qui l'accompagne; on peut aussi observer qu'en général ce dernier est moins silicaté que le feldspath.

Le groupe amphibolique est représenté par les formules :



$$\{3(Mg,f)S^2 + CaS^3\} + \left\{\begin{matrix} 3AS^3 + KS^3 \\ \text{ou} \\ 3AS^3 + NS^3 \end{matrix}\right\}.$$

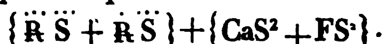
Le troisième groupe comprend les roches qui ont pour base un élément essentiellement magnésifère; les serpentines, les euphotides et les siénites hypersthéniques : les serpentines sont une roche simple ayant pour formule $2MS^2 + MAq$. Les euphotides sont formées de diallage *et d'un* élément feldspathique, jade ou labrador; *la* roche hydratée lamelleuse des Féroë paraît devoir se rattacher à cette espèce, et la variété porphyrique anhydre semble devoir se rapporter à la siénite hypersthénique. Ainsi c'est dans ce groupe qu'on doit placer les trapps des îles Féroë, très-probablement aussi ceux d'Islande, et peut-être ceux d'Ecosse et d'Irlande. Ce groupe est représenté par les formules :



$$(\ddot{R}\dddot{S} + R\dddot{S}) + \left\{\begin{matrix} MS^2 + FS^2 \\ \text{ou} \\ (M,Ca,f)S^2 + nMAq \end{matrix}\right\}.$$

Et $2MS^2 + MAq$.

Le quatrième groupe, formé par les roches pyroxéniques, comprend les mélaphyres ou porphyres pyroxéniques, les dolérites, les basaltes et les laves d'une partie des volcans modernes : toutes ces roches sont formées de labrador et pyroxène, et sont exprimées par la formule très-simple :

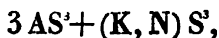


$$\{\ddot{R}\dddot{S} + \dot{R}\dddot{S}\} + \{CaS^2 + FS^2\}.$$

Le cinquième groupe comprend toutes les roches où l'élément feldspathique domine ; on y

trouve ordinairement associés d'autres éléments d'une nature variable et en proportion beaucoup plus faible que le feldspath : à ce groupe appartiennent les trachytes, les phonolithes et les laves de plusieurs volcans. Le feldspath est souvent du feldspath vitreux, ainsi dans la plupart des trachytes et dans les phonolithes et dans la lave de l'Arso (île d'Ischia); dans les laves du Vésuve, de l'Islande, c'est du riacolithe; quelquefois c'est du labrador, ou bien de l'albite; ainsi dans les trachytes des Sieben-Gebirge, M. Abische a trouvé de l'albite, et le feldspath des trachytes des Andes est intermédiaire entre le labrador et l'albite. Les éléments qui accompagnent le feldspath dans ces roches sont très-variables; ce sont le pyroxène, l'amphibole et le mica, tantôt isolés, tantôt réunis tous les trois.

On voit que ce cinquième groupe est très-complexe et qu'il y entre beaucoup d'éléments divers; ce qui le caractérise, c'est la prédominance de l'élément feldspathique qui dans les trachytes est ordinairement du feldspath vitreux représenté par la formule :



$$3\,AS^3 + (K, N)\,S^3,$$

et qui dans les produits volcaniques actuels est le plus souvent du riacolithe, ayant pour formule :



$$A^3S^3 + (K, N)\,S^3.$$

Cette manière de classer les roches a l'avantage de coïncider avec l'ordre successif dans lequel elles ont apparu à la surface : ainsi ce sont les roches du premier groupe qui ont formé la croûte primitive, et c'est par des fentes produites dans cette enveloppe que se sont fait jour successivement des matières amphiboliques, serpentineuses, pyroxéniques, et enfin les produits les plus modernes. On conçoit naturellement qu'il n'a point dû y exis-

ter de démarcation tranchée entre les époques d'éruption de ces différentes matières, et qu'ainsi les roches amphiboliques aient commencé à surgir avant que la période granitique fût à sa fin.

Les roches des deux derniers groupes ne se succèdent pas régulièrement; les produits trachytiques et pyroxéniques paraissent avoir alterné et très-souvent s'être fait jour à la même époque; on peut même dire que ces deux périodes coexistent encore aujourd'hui : ainsi les produits des grands cônes volcaniques des Andes, Cotopaxi, Antisana, sont d'une nature trachytique : tandis que la plupart des autres volcans produisent des matières pyroxéniques associées au labrador ou *au riacolithe*.

Variations progressives dans la composition chimique des roches.

Si l'on considère les roches de ces divers groupes sous le rapport de la proportion de silice, on voit qu'elle va en diminuant à partir de l'origine : en effet dans le premier groupe on a des trisilicates avec beaucoup de quartz en excès; dans le deuxième les trisilicates sont déjà accompagnés de bisilicate, et il y a beaucoup moins de quartz libre. Dans le troisième groupe le feldspath est formé d'un silicate neutre et d'un trisilicate, l'autre élément étant un bisilicate, alors il ne peut plus y avoir de quartz en excès; il en est de même dans le quatrième groupe, et c'est une chose singulière que souvent dans le cinquième groupe l'élément feldspathique soit formé de deux trisilicates, et par conséquent plus silicaté que dans les groupes précédents; ce qui est contraire à la loi de diminution de l'ordre des silicates suivant la relation d'âge des roches ignées.

Une observation assez importante pour la théorie de notre globe, résulte de l'examen des densités des divers éléments qui constituent les roches.

Le quartz a pour densité = 2,65 ; l'orthôse, de 2,39 à 2,56 ; l'albite, 2,61 ; le labrador, 2,70 à 2,75 ; le riacolithe, 2,553 à 2,65 ; l'amphibole, 3,0 à 3,35 ; le pyroxène, 3,10 à 3,15 ; le diallage, 3,0 à 3,20 ; l'hypersthène, 3,30 à 3,40 ; la serpentine, 2,64 ; la densité moyenne des micas et talcs est 2,60.

On voit que parmi les feldspaths l'orthôse est le moins dense, et que parmi les éléments qui dans les roches accompagnent le feldspath, les micas et talcs sont les moins denses ; le quartz est aussi d'une densité assez faible. Ainsi le premier produit qui s'est formé (mélange d'orthôse, quartz et mica) est composé des trois substances les moins pesantes : c'est une vérification venant à l'appui de l'opinion qui consiste à regarder toute la matière de notre globe comme ayant été primitivement fondue. En effet, en supposant que ce fût une masse liquide composée de silice jouant le rôle d'un élément acide, et de bases telles que les alcalis, terres et oxyde de fer, il devait y avoir tendance des éléments les moins denses à se porter à la surface du bain ; mais l'affinité des bases pour la silice agissant en même temps, il a dû se faire un partage des éléments, de telle sorte que parmi les composés tendant à se former, les moins denses vinssent à la surface. Ensuite la première couche se refroidissant peu à peu par suite du rayonnement, la contraction éprouvée au moment de la solidification aura déterminé une pression sur la masse encore liquide située au-dessous ; il en sera résulté des ruptures dans l'enveloppe déjà formée, et dès lors aura commencé une série d'éruptions. Les premières qui auront eu lieu doivent être d'une matière analogue à la première couche, et pour la nature et pour la densité ; en effet, les pre-

mières éruptions sont granitiques, et dans le nord de l'Europe, on peut en observer qui ont eu lieu à plusieurs époques différentes.

Mais dans les granites les plus modernes, provenant de couches situées plus près du centre, la densité devient déjà un peu plus grande par la substitution de l'albite à l'orthôse et de l'amphibole au mica; et avec ces granites les plus récents commencent déjà à alterner les éruptions de roche amphibolique. Ainsi la considération des densités s'accorde bien avec les idées qui sont aujourd'hui généralement admises pour expliquer l'état primitif de la terre, et cette concordance vient s'ajouter à ce grand nombre de faits géologiques qui donnent à l'hypothèse d'une fusion *primitive* la valeur d'un principe fondamental.

Minéraux des îles Féroë.

Je vais maintenant entrer dans la description des minéraux qui accompagnent les roches de trapps : aux îles Féroë, on trouve une grande abondance de zéolites (Apophyllite, Chabasie, Mésotype, Heulandite et Stilbite); la plus grande partie des minéraux zéolitiques qui ornent les cabinets de minéralogie vient des îles Féroë ou de l'Islande : dans ces deux contrées leur gisement est tout à fait semblable, c'est en veines et géodes dans des formations trappéennes qui sont probablement identiques.

J'ai rapporté beaucoup de ces minéraux et j'en ai analysé plusieurs; comme on a déjà fait de nombreuses analyses de zéolites, j'ai choisi des espèces telles que les échantillons analysés antérieurement provinssent de localités autres que les Féroë, afin de voir si les variétés analogues de ces îles auraient une composition semblable.

L'analyse des zéolites ne présente aucune diffi-

culté, vu que ces minéraux se dissolvent facilement dans les acides; mais comme souvent ils sont réunis plusieurs ensemble, il faut beaucoup de soin pour les séparer mécaniquement les uns des autres et les obtenir parfaitement purs. Avant de commencer une analyse, je faisais d'abord un essai préliminaire pour reconnaître si la zéolite sur laquelle j'allais opérer contenait de la magnésie et des alcalis, potasse ou soude; je n'ai trouvé de magnésie dans aucune des zéolites que j'ai analysées. La marche à suivre dans ces analyses est très-simple : quand on a séparé la silice après l'évaporation à sec, on précipite l'alumine par de l'ammoniaque bien pure, il faut avoir soin de la redissoudre après l'avoir dosée, parce qu'il se précipite avec elle une petite quantité de silice qui était restée dissoute dans l'excès d'acide. La chaux est précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, et le dosage des alcalis se fait à la manière ordinaire : comme la soude se dose par différence, quand on en trouve très-peu, il faut avoir soin d'en vérifier directement l'existence en voyant si la dissolution alcoolique abandonnée à elle-même laisse déposer de petits cristaux de chlorure platinico-sodique. La quantité d'eau contenue dans les zéolites est connue par la calcination de 1 gr. ou 1 1/2 gr.; puis il est bon de faire l'analyse sur d'autre matière, car très-souvent les zéolites qui ont été fortement calcinées ne se dissolvent que difficilement dans les acides.

La chabasie se présente ordinairement aux îles Féroë sous la forme primitive qui est celle d'un rhomboèdre obtus de 94° 46′ : souvent on y remarque un genre de mâcle différent de celui qui a lieu le plus communément dans les cristaux

Description de la chabasie.

rhomboédriques ; au lieu d'être disposé suivant un plan diagonal, il résulte d'un retournement parallèle à l'une des faces du rhomboèdre (*fig.* 1, *Pl. VIII*). La forme primitive, qui est dominante, se montre quelquefois très-légèrement modifiée, soit sur les arêtes, soit sur les angles, ou même sur les deux à la fois (*fig.* 2).

L'analyse de 3gr.,50 de chabasie m'a fourni la composition suivante :

Chabasie de Naelsoë. (Iles Féroë.)

	Sur 3g.,50.	Sur 100 gr.	Quantités d'oxygène.		
Silice. . .	1,671	47,75	24,805	24,805	(10)
Alumine. .	0,730	20,85	9,728	9,728	(4)
Chaux. . .	0,201	5,74	1,615		
Potasse. . .	0,058	1,65	0,279	= 2,495	(1)
Soude . . .	0,082	2,34	0,601		
Eau. . . .	0,745	21,30	18,997		(8)
	3,487	99,63			

Il résulte évidemment de cette analyse une composition de la chabasie, représentée par la formule $4AS^2 + (Ca, K, N)S^2 + 8Aq$.

Comme cette formule diffère essentiellement de celle que l'on a admise jusqu'à présent pour ce minéral, savoir : $3AS^2 + CaS^3 + 6Aq$; j'ai voulu vérifier si cette dernière s'accordait parfaitement avec les résultats des analyses de chabasie faites antérieurement. On connaît trois analyses d'échantillons provenant de différentes localités :

Chabasie de Gustawsberg. (Berzélius.)

		Oxygène.	
Silice.	50,65	26,31	
Alumine. . . .	17,90	8,36	
Chaux.	9,93	2,73	= 3,01
Potasse. . . .	1,70	0,28	
Eau.	19,90	17,69	
	100,08		

Chabasie de Fassa. (Arfvedson.)

		Oxygène.	
Silice	48,38	25,13	
Alumine	19,28	9,01	
Chaux	8,70	2,44	= 2,86
Potasse	2,50	0,42	
Eau	21,40		
	100,26		

Lévyne de Dalsnyppen. (Berzélius.)

		Oxygène.	
Silice	48,60	25,24	
Alumine	20,00	9,34	
Chaux	8,36	2,34	
Magnésie	0,40	0,15	= 2,74
Potasse	0,40	0,06	
Soude	0,75	0,19	
Eau	19,30	17,16	
	97,81		

La composition de ces chabasies diffère beaucoup de celle des Féroë : dans celle-ci il y a moins d'alumine, plus de chaux, et à la fois de la potasse et de la soude en assez forte proportion.

Si on considère, sous le rapport des proportions atomiques, les compositions obtenues dans ces analyses, on trouve que la composition de la chabasie de Gustawsberg, analysée par M. Berzélius, correspond assez bien à la formule $3AS^2 + CaS^3 + 6Aq$, mais il n'en est plus ainsi pour les deux autres chabasies. D'abord la lévyne de Dalsnyppen, qui est une variété de la chabasie, à laquelle on n'a donné un nom particulier qu'à cause d'une très-légère différence dans la composition, consiste à très-peu près dans un bisilicate d'alumine uni à un bisilicate de chaux, et quant à la chabasie de Fassa, sa composition diffère moins d'un

bisilicate double que d'un trisilicate uni à un bisilicate. Pour la chabasie de Naelsoë, l'analyse ne peut laisser aucun doute à cet égard; ainsi la formule d'un bisilicate double me paraît convenir plus généralement que celle adoptée auparavant. Mais la première analyse de M. Berzélius ne pouvant être exprimée que par la somme d'un bisilicate et d'un trisilicate, il s'ensuit que les minéraux appelés chabasie ne peuvent être tous représentés par la même formule; une conséquence semblable relativement à la stilbite, résulte des nombreuses analyses que l'on a faites de cette espèce minérale.

Si l'on examine maintenant la composition des différentes chabasies, sous le rapport des *bases*, à 1 atome d'oxygène, et de la base à 3 atomes, on trouve qu'il y a trop peu de chaux dans les chabasies de Fassa et de Dalsnyppen pour former un rapport exact de 1 : 3, et trop pour correspondre à celui de 1 : 4, qui s'accorde bien avec la composition de la chabasie de Naelsoë. Le nombre des atomes d'eau est aussi variable dans les différentes chabasies.

Description de la mésotype. Il est rare de trouver aux îles Féroë de la mésotype bien cristallisée, et dans ce cas elle s'y présente sous la forme dominante qui est celle d'un prisme rhomboïdal droit, terminé par une pyramide à quatre faces, résultant de modifications placées sur les arêtes de la base. Mais le plus souvent la mésotype est disposée en masses rayonnées ou en petites fibres aciculaires : la variété que j'ai analysée était composée de fibres blanches, d'un éclat soyeux, groupées en forme de faisceau. Ces fibres avaient la forme de prismes rhomboïdaux, dont l'angle paraissait se rapprocher beau-

coup de 90°, de même que celui de la mésotype.

Dans une analyse faite sur 4 gr., j'ai obtenu les résultats suivants :

Mésotype de Naelsoë. (Iles Féroë.)

	Sur 4 gr.	Sur 100 g.	Quantités d'oxygène.
Silice. . . .	1,900	47,50	24,676
Alumine. .	1,044	26,10	12,188
Chaux. . .	0,366	9,15	2,570
Soude. . . .	0,183	4,57	1,164
Eau.	0,512	12,80	11,377
	4,005	100,12	

On voit d'après l'analyse que cette substance rentre dans la classe des mésotypes calcaires ou scolézites, ou que plutôt, contenant à la fois de la chaux et de la soude, elle appartient à cette variété intermédiaire entre la mésotype et la scolézite, à laquelle on a donné le nom de *mésolite*. Il y a dans la nature beaucoup de ces substances zéolitiques fibreuses, qui ont présenté à l'analyse des compositions si variables, qu'on n'a pu les expliquer qu'en les regardant comme des mélanges en diverses proportions d'un élément à base de chaux comme la *scolézite*, et d'un autre élément à base de soude comme la *mésotype*.

Il me paraît en effet plus convenable de supposer que ces substances soient des mélanges, que d'établir un grand nombre d'espèces particulières, qui n'auraient d'autre caractère qu'une légère différence dans la proportion des éléments.

La composition de cette zéolite fibreuse de Naelsoë se rapproche beaucoup de celle des deux mésolites analysées par Berzélius, Fuchs et Gehlen.

	Mésolite de Pargas. (Berzélius.)	Mésolite d'Islande. (Fuchs et Gehlen.)
Silice.	46,80	47,46
Alumine. . .	26,50	27,35
Chaux.	9,87	10,04
Soude.	5,40	4,87
Eau.	13,50	12,41
	102,07	102,13

Ainsi qu'on l'a fait pour ces deux mésolites, on peut concevoir celle des Féroë décomposée ainsi qu'il suit en mésotype ou ($3AS+NaS^3+2Aq$), et en scolézite ($3AS+CaS^3+3Aq$).

	Quantités d'oxygène.	Mésotype.		Scolézite.
Silice. . .	24,676	6,996 (6)	+	17,680 (6)
Alumine. .	12,188	3,492 (3)	+	8,696 (3)
Chaux. . .	2,570	0,000	+	2,570 (1)
Soude. . .	1,164	1,164 (1)		
Eau. . . .	11,377	2,332 (2)	+	9,045 (3)

Du reste, pour ces substances fibreuses, rayonnées, dont la forme cristalline n'est pas bien définie, on ne doit pas s'attendre à trouver une composition qui soit représentée par une formule parfaitement exacte, vu qu'il est rare qu'il n'y entre pas de mélange étranger.

Description de l'heulandite.

L'heulandite se trouve aux îles Féroë, disséminée dans la roche de trapp en veines et géodes, et associée tantôt avec la chabasie, tantôt avec la stilbite. Elle est en cristaux aplatis, présentant la forme primitive légèrement modifiée, savoir : un prisme droit à base de parallélogramme obliquangle; les arêtes verticales sont ordinairement tronquées, ainsi que deux des angles de la base. Ces cristaux sont généralement très-aplatis et accolés parallèlement à la base.

Une analyse faite sur 3 gr. d'heulandite m'a fourni la composition suivante :

Heulandite de Stromoë. (Iles Féroë.)

	Sur 3 gr.	Sur 100 gr.		
Silice.	1,770	59,00	30,650	18
Alumine. . .	0,543	18,10	8,452	5
Chaux. . . .	0,178	5,93	1,665	1
Eau.	0,500	16,67	14,817	9
	2,991	99,70		

Ainsi ce minéral peut être représenté par la formule : $5AS^3+CaS^3+9Aq$.

Je ne connais qu'une analyse d'heulandite, faite par Walmstedt :

Silice. . .	59,90	31;11	15 ou 16
Alumine. .	16,83	7,88	4
Chaux. . . .	7.19	2,01	1
Eau. . . .	13,43	11,93	6
	97,35		

Cette composition conduit à la formule : $4AS^3+CaS^3+6Aq$, un peu différente de celle à laquelle je suis arrivé : la relation des atomes de silice et de base est la même, mais la proportion entre la chaux et l'alumine, ainsi que celle de l'eau, est très-différente.

Description de l'apophyllite.

Aux îles Féroë, l'apophyllite n'est pas aussi commune que les autres zéolites ; elle se trouve associée tantôt avec la chabasie, tantôt avec la stilbite, et se présente sous plusieurs formes variées : 1° sous la forme primitive pure, c'est-à-dire celle d'un prisme droit à base carrée ; 2° un prisme droit dont les quatre angles de la base sont légèrement tronqués ; 3° un prisme droit terminé par une pyramide à quatre faces, placée sur les angles de la base ; 4° un prisme droit terminé par une

pyramide à quatre faces, placée de la même manière, mais ayant le sommet tronqué.

Je n'ai point analysé d'apophyllite; on en connaît quatre analyses qui ont fourni une composition à peu près constante, d'où l'on déduit exactement la formule : $8CaS^2 + KS^6 + 16Aq$.

Description de la stilbite.

La stilbite est la zéolite la plus abondante aux îles Féroë, c'est de là qu'on a tiré la plupart des échantillons qui se trouvent dans les collections. La forme habituelle de ce minéral est celle d'un prisme rectangulaire droit très-aplati parallèlement à l'une des faces verticales; souvent les arêtes verticales du prisme sont remplacées par de petites faces, et presque toujours la base n'existe pas ou n'est qu'indiquée, et à sa place est une pyramide à quatre faces, placée sur les angles.

On a fait un très-grand nombre d'analyses de la stilbite, et la plupart des échantillons analysés venaient des Féroë; alors il m'a paru inutile de faire de nouvelles recherches sur la composition de ce minéral. Je me contenterai de rappeler ici les principaux résultats auxquels on est arrivé : l'analyse a présenté des compositions très-différentes, dans des échantillons venant des mêmes lieux et souvent même détachés de la même masse. Il paraît que les dépôts cristallins de stilbite formés concentriquement les uns aux autres, n'ont pas la même composition, et que les différences sont assez grandes pour qu'il en résulte des formules dissemblables; c'est sur ces différences dans la composition chimique que M. Beudant a basé sa division de la stilbite dans les sous-espèces suivantes :

1° Stilbite proprement dite.	$3AS^3 + CaS^2 + 6Aq$.
2° Epistilbite.	$3AS^3 + CaS^3 + 5Aq$.
3° Hypostilbite.	$3AS^3 + CaS + 6Aq$.
4° Sphérostilbite.	$3AS^3 + CaS^2 + 6Aq$.

Ainsi, puisque l'on voit des substances minérales, cristallisant dans le même lieu et dans les mêmes circonstances, présenter des compositions différentes, sans que cependant leur forme cristalline soit changée, il faut en conclure que toutes les substances qui ont les mêmes caractères minéralogiques ne doivent pas nécessairement être représentées par une formule invariable.

Observations sur le gisement des zéolites.

Je vais maintenant présenter quelques observations générales sur le gisement des zéolites. Tantôt elles forment des géodes cristallines à l'intérieur des roches de trapp, tantôt elles se trouvent en veines ou petits filons. A l'aspect d'un grand nombre d'échantillons, il est facile de reconnaître que toutes les amygdaloïdes zéolitiques sont postérieures : elles ne sont point engagées dans la roche, il est ordinairement facile de les en détacher, et fort souvent les parois qu'elles tapissent sont tout à fait lisses.

Quelquefois il arrive que les cavités sont remplies en partie par des zéolites, en partie par une matière noire ou verdâtre, à cassure cireuse, difficilement fusible, contenant de l'eau et formée d'un silicate de magnésie et de fer.

La plupart des géodes sont le résultat du dégagement d'un gaz; elles ont été remplies postérieurement et plusieurs sont restées vides. Dans un grand nombre de ces géodes, les zéolites (mésotype ou stilbite) sont disposées par couches concentriques qui se servent mutuellement d'appui, et souvent dans une même cavité, on distingue plusieurs petites masses radiées indépendantes les unes des autres.

La roche de trapp n'est pas le seul gite des zéolites, nous avons vu que le tuf qui s'y trouve in-

tercalé renferme une grande quantité de petites cellules à l'intérieur desquelles ont cristallisé des zéolites ; c'est surtout au contact des roches de trapp et du tuf que ces minéraux se présentent le plus abondamment ; en cette position le contact d'une matière froide et d'une matière fondue a déterminé beaucoup de fractures, et la roche ayant été fendillée et souvent réduite à l'état fragmentaire, il en est résulté une multitude de vides où ces zéolites ont pu cristalliser librement : une chose assez remarquable, c'est que, en certains endroits, les zéolites ont servi à relier les fragments de la roche, et que celle-ci forme comme une brèche ayant pour ciment une matière *zéolitique*. Ajoutons que les fentes *remplies* par *les* zéolites présentent absolument les mêmes circonstances que toutes celles où se sont déposées d'autres matières minérales ; on peut y remarquer des exemples de croisement et de rejet, comme cela a lieu à la rencontre de filons ou fentes remplies à différentes époques.

Un tel ensemble de circonstances me paraît en contradiction évidente avec l'hypothèse qui consiste à regarder les zéolites comme s'étant séparées du trapp au moment où il était encore fondu, par suite d'une action électro-chimique ; si cela avait pu avoir lieu ainsi, les zéolites présenteraient une disposition analogue à celle des cristaux de feldspath, et seraient encore plus ou moins engagées dans la roche : d'ailleurs dans une telle supposition il serait difficile de concevoir comment les zéolites peuvent se trouver répandues au milieu du tuf qui est un dépôt sédimentaire. Toutes les circonstances de leur gisement prouvent qu'elles se sont formées à une époque *bien pos-*

térieure, et ce qui le confirme c'est l'existence de grandes cavernes de plusieurs centaines de pieds de longueur dans lesquelles on voit des places immenses tapissées de zéolites qui offrent les mêmes circonstances que des stalactites calcaires. Plusieurs cavernes semblables sont situées près du niveau de la mer, soit à Naelsöe, soit dans les autres îles; il y en a qui paraissent avoir été formées par l'action des vagues, et il est probable que les zéolites qu'on y trouve ont dû se former à des époques assez modernes, et il serait même possible que leur production eût encore lieu de nos jours.

Les zéolites se trouvent associées avec des minéraux dont l'origine est moins douteuse et beaucoup plus facile à expliquer; c'est avec le spath calcaire et la calcédoine en Islande et aux îles Féroë et avec les gisements de quartz agate dans le Palatinat. Il y a même beaucoup d'échantillons où on voit les zéolites en recouvrement sur ces minéraux. Pour le spath calcaire et l'agate, personne ne doute actuellement de leur mode de formation: ces minéraux ont été déposés sous forme cristalline par un liquide contenant en dissolution de la chaux carbonatée ou de la silice. Il a dû en être de même pour la calcédoine; cela résulte évidemment des stalactites de calcédoine qu'on trouve aux îles Féroë: j'en ai rapporté divers échantillons disposés ainsi qu'on le voit (*fig.* 3, *Pl. VIII*), et il y en a un que j'ai envoyé au Jardin des Plantes (*fig.* 4 et 5), où l'on reconnaît très-clairement le même mode de formation que pour les stalactites calcaires. Cet échantillon, détaché d'une grotte tapissée de calcédoine, porte avec lui le cachet de son origine: on voit que le liquide chargé de silice s'est infiltré à travers la roche et est tombé

goutte à goutte dans la caverne, où il a formé au bas un premier dépôt opalin, demi-transparent, qui a nivelé la surface du sol (1); ensuite il a élevé plusieurs couches successives alternativement opaques et translucides, et la supérieure présente d'une manière très-visible les renflements formés sur différents points où tombaient les gouttes de liquide et où s'établissait le fondement de la petite colonne qui s'élevait peu à peu; dans certaines parties, ces colonnes sont encore creuses à l'intérieur.

Ainsi la calcédoine a la même origine que les stalactites calcaires : celles-ci sont produites par un liquide qui, en traversant des roches *calcaires*, a dissous un peu de chaux carbonatée à l'aide d'acide carbonique; de même il est probable que des eaux acides, contenant soit de l'acide sulfurique provenant des pyrites de fer, soit un autre acide, auront réagi sur les trapps (silicate d'alumine, chaux, etc.,) et entraînant avec elles un peu de silice en dissolution, seront venues la déposer peu à peu sous forme de stalactites.

L'origine des zéolites est beaucoup plus incertaine, cependant l'association à peu près constante des zéolites avec des roches de trapp ou de basalte, montre qu'il y a une certaine dépendance entre le minéral et la roche, et sous ce rapport les zéolites diffèrent des autres substances minérales qui remplissent les filons, en ce que celles-ci ne sont

(1) Les dépôts siliceux formés dans les Geysers de l'Islande sont d'une nature analogue; mais la première couche qui se produit est opaque et les suivantes sont transparentes, tandis qu'aux îles Féroë c'est le contraire.

pas nécessairement dépendantes de la roche encaissante.

Les connaissances que peut fournir la chimie sur la cristallisation des substances minérales sont encore trop bornées, quoiqu'elles se soient beaucoup étendues dans ces dernières années, et les éléments que nous avons à notre disposition pour produire des réactions analogues à celles qui ont dû se passer dans la nature sont bien trop limités pour que l'on puisse préciser toutes les circonstances dans lesquelles ont pu se former les minéraux. La même difficulté existe pour expliquer l'origine des zéolites; jusqu'à présent on n'a pu produire artificiellement des cristaux de zéolites, mais il est aussi facile de concevoir des zéolites cristallisant par voie humide, que de la galène, de la pyrite de fer, etc. On sait même que les acides dissolvent les zéolites, mais quoique tous les éléments se trouvent en dissolution dans la liqueur, on n'a pu arriver à les obtenir réunis ensemble sous forme cristalline.

Comme il est impossible, dans l'état actuel de la science, d'expliquer chimiquement toutes les circonstances de la formation des minéraux zéolitiques, il faut se borner à énoncer, d'après les relations minéralogiques de leur gisement, la manière la plus probable dont ces substances paraissent avoir pris naissance. D'après la description que j'ai donnée du gisement des zéolites, il est vraisemblable que la roche de trapp qui accompagne constamment les zéolites et qui n'en diffère, que par une dissimilitude dans les proportions des éléments, aura éprouvé en certains points une décomposition sous l'influence de certains agents chimiques et physiques, et qu'à la suite de réac-

tions opérées par voie humide, un liquide contenant en dissolution tous les éléments des zéolites, silice, alumine, chaux et alcalis, aura déposé sous forme cristalline dans les géodes, fentes ou crevasses une matière zéolitique, c'est-à-dire, un hydrosilicate d'alumine et de chaux ou d'alcali.

DESCRIPTION

Du levier-romaine et d'un système de tiges en bois et en fer creux, combiné avec la coulisse d'Oeynhausen, pour les sondages de grandes profondeurs (1);

Par M. DEGOUSÉE, ingénieur civil.

Dans les sondages profonds où les roches nécessitent un battage constant, la sonde en frappant contre les parois du forage, les dégrade et creuse de grandes cavernes, ou, si ces parois sont garanties par des tuyaux, ne tarde pas à les détériorer : ce qui amène de fréquentes ruptures et de graves accidents.

L'appareil disposé dans le dessin ci-joint a pour but d'annuler le fouet des tiges et de parer aux inconvénients qui en sont la suite.

Un levier AB (*fig.* 1, *Pl. IX*) de 8 à 10 mètres de longueur, supporté sur un axe de rotation C et pouvant se mouvoir dans un sens vertical, est entaillé à son extrémité D d'une coche dans laquelle la sonde est introduite, et où elle est maintenue au moyen d'un boulon E. Un moraillon F, appliqué sur sa surface, l'empêche de remonter le long de

(1) Consulter au besoin les articles suivants :

Notice sur une disposition nouvelle de tiges de sonde, employée en Prusse dans les forages très-profonds; par M. Le Play, ingénieur des mines (*Annales des Mines*, t. XV, p. 447).

Description des outils employés dans les travaux de sondage les plus récents; par M. Degousée, ingénieur civil. (*Annales des Mines*, t. XIV, p. 315).

la tête de sonde, à laquelle il est fortement fixé. A l'autre extrémité de ce levier est suspendu un baril G, destiné à contenir les poids nécessaires pour équilibrer la partie de la sonde supérieure à la coulisse, imaginée par M. d'Oeynhausen, et si bien décrite dans les *Annales des Mines*, par M. Le Play. L'anneau qui soutient le baril peut à volonté glisser le long du levier et se rapprocher plus ou moins du point d'appui C, pour fonctionner comme romaine. Cela posé, supposons que le treuil M, les cames N,N',N'', et le levier A'B' (abstraction faite de la partie pointée RS) soient mis en mouvement ; la sonde soulevée retombe, entraînant dans sa chute le balancier AB; mais aussitôt que l'outil foreur a frappé le fond du sondage, le balancier AB, violemment dérangé de sa position normale, tend à la reprendre; le contre-poids, pressant à l'extrémité A, réagit à l'autre extrémité sur la sonde entière qu'il redresse instantanément, de sorte que le fouet des tiges devient impossible.

Avant l'emploi de ce système de battage, la sonde, lorsqu'elle avait atteint une grande profondeur, écrasée par un poids toujours croissant, éprouvait de fréquentes ruptures. Au moyen du levier-romaine, on ne lui donne que le poids nécessaire pour qu'elle fonctionne avec succès et sans fatigue. L'allégement du treuil, de la chèvre, et en général de toutes les parties de l'appareil de forage, est la conséquence de cet allégement de la sonde.

La coulisse imaginée par M. d'Oeynhausen, fait de la sonde deux parties distinctes et complètement indépendantes l'une de l'autre. En la combinant avec les tiges de manière que toute la partie

supérieure représente un poids égal à celui que le balancier peut équilibrer, il arrive que, pendant le travail, chaque fois que l'outil touche le fond du trou, le balancier tient cette partie suspendue; le treuil n'a plus alors à soulever que la partie inférieure à la coulisse, et par là, son action devient beaucoup plus facile et plus simple.

On peut faire en sorte que la partie inférieure de la sonde, une fois bien établie, soit constamment la même dans des terrains analogues. Pour cela, il suffit, au fur et à mesure de l'approfondissement, d'allonger la partie supérieure, en reculant ou en augmentant le contre-poids, sans changer la coulisse.

Enfin, et pour faciliter l'action du balancier lui-même, on compose la partie supérieure de tiges en bois avec armatures en fer et de tiges en fer creux.

Les tiges en bois ont un emmanchement A (*fig.* 2) terminé par une lame B s'amincissant en forme de coin et pénétrant dans la tige à laquelle on a fait une entaille, où on la fixe au moyen d'anneaux en fer G,H,I et de rivets, comme dans la *fig.* 3; ou bien, un emmanchement à quatre branches (*fig.* 4) s'incrustant dans le bois de la tige, et fixé, comme le premier, au moyen d'anneaux et de rivets qui traversent la tige et les branches de l'emmanchement en *a b c d*. Des bandes de fer mince, CD (*fig.* 3), sont appliquées sur les tiges dans toute leur longueur et maintenues par de longs anneaux E,F, etc., traversés par des rivets.

Les tiges en fer creux se composent d'emmanchements AA' (*fig.* 5 et 6) terminés par des cylindres pleins CD, C'D' s'introduisant à frottement dans des cylindres creux EF (*fig.* 8), auxquels

ils sont invariablement fixés au moyen de clavettes rivées *a b c*, et disposées l'une au-dessous de l'autre dans des plans différents (*fig.* 5 et 7). Au lieu de cylindres pleins pour ajuster les emmanchements aux tiges creuses, on peut, afin de diminuer le poids, terminer les emmanchements par des boîtes MNO,M'N'O' (*fig.* 9), filetées intérieurement et se vissant aux extrémités des cylindres creux PP', filetées extérieurement.

Les fers creux ne se débitant dans les fabriques qu'en petites longueurs, il faut, pour éviter d'augmenter la dépense et le poids en multipliant les emmanchements, tarauder extérieurement les bouts correspondants de deux tiges différentes, sur une longueur égale. Un manchon hexagonal QRST (*fig.* 10) taraudé intérieurement et double en hauteur de chacun des deux bouts filetés *ab*,*bc*, se visse à l'un et à l'autre successivement; et leur jonction se fait ainsi en son milieu aux points *d b e*.

Les tiges en bois ayant un grand diamètre et perdant dans l'eau une partie de leur poids égale à celui du volume d'eau qu'elles déplacent sont plus légères et plus maniables. C'est donc un avantage qui simplifie encore l'exécution des travaux. Mais il n'est pas possible de *roder* en employant la coulisse et les tiges de bois : c'est pour cela que nous avons imaginé l'usage de tiges en fer creux, qui, déplaçant plus de trois fois le volume de leur cube, ne pèsent dans les sondages, généralement remplis d'eau, que moitié de leur poids; ce qui permet, en conservant toute la force nécessaire, d'alléger utilement le poids de la sonde tant pour la montée que pour la descente.

Au lieu du balancier AB, on pourrait se servir

du levier A'B' en le prolongeant jusqu'en S et en le chargeant à son extrémité S d'un contre-poids analogue à celui que nous avons décrit plus haut. L'effet théorique est le même, et ce mode de battage paraît plus simple; mais les secousses qu'il donne au treuil doivent lui faire préférer l'autre mode, qui, bien que plus compliqué, est moins fatigant et d'un plus facile emploi.

Le système de levier-romaine combiné avec les tiges en bois, les tiges en fer creux et la soupape à corde, résout le grand problème de la difficulté des forages. En rendant le sondeur toujours maître du poids de sa sonde, il permet aujourd'hui l'exécution de ces travaux à toute profondeur; mais il nécessite un équipage de sonde coûteux. Pour un sondage de 600 mètres, nous estimons qu'il faut des outils de cinq diamètres, quatre séries de tuyaux de retenue, et que le prix d'un équipage, ainsi parfaitement composé, est de 40,000 fr.

ANALYSES

DE SUBSTANCES MINÉRALES.

(TRAVAUX DE 1840.)

EXTRAITS.

1. *Recherches sur la véritable constitution de l'*AIR ATMOSPHÉRIQUE; par MM. Dumas et Boussingault. (Compt. rend. de l'Acad., t. 12, p. 1005.)

Abstraction faite de l'acide carbonique, des gaz carbonés et des vapeurs accidentelles, l'air renferme de l'oxygène et de l'azote; mais les chimistes ne sont pas convaincus que sa composition soit constante, ni même que ce soit un simple mélange des deux gaz.

Nous en avons refait l'analyse, qui ne laisse aucun doute sur les résultats, en prenant le poids des deux éléments.

Pour cela, nous prenons un ballon vide d'air, nous le mettons en rapport avec un tube plein de cuivre métallique réduit par l'hydrogène, et armé de robinets qui permettent d'y faire également le vide, et dont on connaît le poids.

Le cuivre étant chauffé au rouge, on ouvre celui des robinets par où doit arriver l'air qui se précipite dans le tube, où il cède à l'instant son oxygène au métal. Au bout de quelques minutes, on ouvre le second robinet, ainsi que celui du ballon, et le gaz azote se rend dans le ballon vide. Les robinets demeurés ouverts, l'air afflue, et à mesure qu'il passe dans le tube il y laisse son oxy-

gène : c'est donc de l'azote pur que le ballon reçoit. Quand il en est plein ou à peu près, on ferme tous les robinets. On pèse séparément le ballon et le tube pleins d'azote, puis on les pèse de nouveau après y avoir fait le vide. La différence de ces pesées donne le poids du gaz azote. Quant au poids de l'oxygène, il est fourni par l'excès de poids que le tube qui contient le cuivre a acquis pendant l'expérience.

En prenant la moyenne de dix expériences, nous avons trouvé, en poids :

Oxygène.	0,2301
Azote.	0,7699

Si les densités de l'oxygène et de l'azote, données par M. Berzélius (1,1026 et 0,976), étaient exactes, on trouverait, pour la composition en volume de 10,000 parties d'air :

Oxygène.	2086
Azote.	7889
	9975

Ce désaccord nous a déterminé à prendre de nouveau la densité de ces gaz, et les résultats que nous avons obtenus sont 1,1057 pour l'oxygène, et 0,972 pour l'azote, et ces nombres s'accordent effectivement très-bien avec les données de l'analyse en poids; car alors l'air se trouve composé en volume de :

Oxygène.	2080
Azote.	7922
	1,0002

Il demeure donc démontré par là que le rapport de l'oxygène à l'azote, dans l'air, n'est pas exprimé par des nombres simples en volume; de

plus, il résulte des expériences comparées des divers physiciens, que ce rapport est invariable au millième près dans des latitudes éloignées, à des époques assez distantes et à des hauteurs fort différentes. Maintenant, pour savoir si des variations plus petites ont lieu selon les circonstances, les temps et les lieux, il faudrait répéter l'analyse sur un mètre cube d'air en suivant notre procédé, ce qui permettrait de déterminer la proportion de l'oxygène et de l'azote, à moins de un trois cent millième près.

---

2. *Recherches sur la composition de l'*AIR *qui se trouve dans les pores de la neige*; par M. Boussingault. (Compt. rend. de l'Ac., t. 12, p. 318.)

L'air qui se dégage de la neige pendant sa fusion contient notablement moins d'oxygène que l'air pris dans l'atmosphère; mais cela tient à ce que l'eau liquide, qui est le résultat de cette fusion, retient en dissolution une certaine quantité d'air, qui est plus riche en oxygène que l'air atmosphérique. Je me suis assuré qu'en remplissant un matras de neige, et en conduisant l'opération comme s'il s'agissait d'extraire l'air d'un liquide, le gaz qui se dégage a exactement la même composition que l'air de l'atmosphère.

L'air adhère à la neige d'une manière fort remarquable, et qui montre qu'il pénètre jusques entre les moindres cristaux de glace; aussi obtient-on très-peu de gaz en faisant passer de la neige sous une cloche pleine d'eau, à 1° ou 2° de température; l'air ne se dégage avec une certaine abondance que dans l'acte même de la fusion.

---

3. *Gisement du* DIAMANT *dans la province de* MINAS GERAES, *au Brésil*; par M. Denis, ex-ingénieur administrateur de la compagnie brésilienne *Uniao Minéira*. (Instit., n. 342, p. 241.)

Toute la province de Minas Geraes est entièrement montueuse, couverte de belles forêts, et très-fertile; les roches qui y dominent sont le gneiss, le schiste talqueux, l'itacolumite; les roches sidéroxydées et le schiste argileux. On y observe en outre quelques roches subordonnées ou accidentelles, telles que les amphibolites, le calcaire, la serpentine, le quartz, le talc ollaire, etc.; on n'y voit de volcans nulle part, et jamais on n'y a éprouvé de tremblements de terre.

Jusqu'à ce jour le diamant ne s'est trouvé au Brésil qu'entre le 16° et le 20° 30′ de latitude australe; son véritable gisement est la partie inférieure de l'itacolumite, roche de texture schisteuse, composée de talc et de quartz, mais offrant une infinité de nuances. A sa partie inférieure elle est très-talqueuse, et elle passe par nuances au quartz presque pur, vers la partie supérieure. Ordinairement le quartz est blanc, gris ou rougeâtre; le talc offre une très-grande variété de couleurs. Ces roches, qui sont en général stratifiées, sont coupées par une grande quantité de veines ou filons de quartz hyalin amorphe ou cristallisé de différentes couleurs, blanc laiteux, gris, rougeâtre, noirâtre ou jaunâtre, renfermant plusieurs espèces minérales, telles que l'or natif, les pyrites martiales, arsenicales ou cuivreuses, le tellure, le bismuth sulfuré et oxydé, tous aurifères; le plomb sulfuré et carbonaté argentifères, le titane anatase, le rutyle, le sphène, le disthène, les tourmalines.

l'amphibole, le manganèse, le fer oligiste spéculaire, lamellaire, oristillisé ou irisé, le fer titané, les hématites de fer, le fer oxydulé octaédrique, l'arséniate de fer, la chaux carbonatée ferrifère, les grenats, etc.; il y a plusieurs couches de cette formation qui sont très-riches en or.

On divise les dépôts qui contiennent les diamants en deux espèces : les premiers, qui s'appellent *gurgulho*, se trouvent à la superficie du sol, recouverts par une mince couche de sable ou de terre végétale dans des plaines élevées ou basses et marécageuses, appelées *vargens*; ils sont composés de quartz amorphe brisé en fragments plus ou moins gros, non roulés ni agglutinés, mais mêlés de beaucoup de sable; il s'y rencontre de l'or en grains ou en paillettes, quelquefois du platine, du fer oligiste, du fer oxydulé. Ici, les diamants sont plus clairs que dans le *cascalho*, c'est-à-dire que le plus souvent ils ne sont pas recouverts d'une croûte; leurs arêtes et leurs angles sont moins émarginés, ce qui prouve qu'ils n'ont pas été roulés comme ceux que l'on trouve dans le lit des fleuves.

L'autre espèce de dépôt, que l'on nomme *cascalho*, se compose de cailloux roulés quartzeux, parfois liés entre eux par une argile ferrugineuse; d'autres fois, amassés sans aucune cohérence, renfermant de l'or, quelquefois des grains de platine, du fer oligiste, du fer oxydulé octaèdre, du fer hydraté, du titane anatase en octaèdres, du rutyle, du disthène en petites plaques imitant la paille de riz, de gros morceaux de lydienne en forme de fèves, ou de petits morceaux imitant les haricots noirs. Cet assemblage repose ordinairement sur les argiles talqueuses diversement colorées, ou des

gneiss décomposés appelés *piçarra*. Ce même poudingue, qui contient le diamant, en est quelquefois recouvert, et il s'élève jusqu'à 15 mètres dans quelques endroits. Le plus souvent ce n'est qu'un sable mouvant ou des débris de roches roulées qui le recouvrent, et parfois il se trouve tout à fait à la superficie. On n'y rencontre jamais de restes organiques.

---

4. *Recherches sur les* FUMEROLLES *du lac d'Agnano et de la Solfatare*; par MM. Melloni et Piria. (Ann. de Ch., t. 74, p. 331.)

Les fumerolles sont des traînées plus ou moins visibles de fumée provenant de la précipitation par la vapeur aqueuse, du soufre extrêmement divisé, ou de tout autre corps solide ou liquide, préalablement échauffés, tenus en dissolution par les gaz qui s'échappent des entrailles de la terre. Aussitôt que l'on approche de l'une d'elles un morceau d'amadou allumé, on voit la fumée augmenter de volume et d'épaisseur, et le phénomène est encore plus visible quand la fumerolle surgit dans l'intérieur d'un puits. Le fer et presque tous ses composés, le fer titané, la pyrite, le charbon et les laves basaltiques produisent le même résultat; au contraire le verre, le cuivre, le zinc et l'antimoine sont absolument sans effet. Les vapeurs qui se forment sont dues à la précipitation du soufre provenant de l'action réciproque de l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux, et ce dernier acide est produit par la combustion des éléments de l'hydrogène sulfuré, déterminée par le contact de certains corps échauffés et non par d'autres. Ce phénomène doit être du

genre de ceux que M. Berzélius attribue à une force inconnue qu'il nomme catalytique.

D'après cela il est évident que les laves des cavités souterraines de la Solfatare et des volcans analogues, possédant la température de l'intérieur, et se trouvant au contact de l'air et des courants ascendants d'hydrogène sulfuré, doivent nécessairement réagir sur ces gaz et produire de l'eau en vapeur et de l'acide sulfureux, puis des nuages composés de vapeur d'eau et de soufre extrêmement divisé.

---

5. *Examen des* GAZ INFLAMMABLES *qui se dégagent dans les houillères;* par M. Bischof. (Edinb. Journ., janvier 1841.)

Le gaz inflammable qui se dégage de la houille est composé d'hydrogène carboné, mélangé d'une petite quantité de gaz oléfiant, d'acide carbonique et d'azote.

J'ai trouvé dans un gaz provenant d'une houillère d'Allemagne de la formation du calcaire carbonifère,

Hydrogène carboné. . . .	0,8308
Gaz oléfiant.	0,0198
Acide carbonique et azote.	0,1494
	1,0000

et dans les gaz qui s'échappent d'un puits artésien creusé dans le lias, et qui traverse des couches de houille et de schiste bitumineux, près de Lieckwege, dans la principauté de Schauenbourg,

Hydrogène carboné	0,7910
Gaz oléfiant.	0,1611
Azote.	0,0479
	1,0000

Le gaz de la houille ne renferme aucun carbure d'hydrogène condensable par l'acide sulfurique.

Par l'action de la chaleur rouge, il se forme dans ce gaz des carbures d'hydrogène de nature spéciale, qui colorent l'acide sulfurique en brun et l'alcool en jaune. Le carbone qui se dépose a une teinte métallique remarquable et ressemble au graphite.

Ce gaz détone, quoique avec peu de bruit, lorsqu'on l'expose aux rayons solaires avec le double de son volume de chlore. Il se dépose du charbon et il se forme de l'acide hydrochlorique. Si la lumière du soleil est obscurcie par un nuage, le chlore agit bien encore sur le gaz; mais il *ne se* dépose pas de charbon, et le résidu *gazeux prend* l'odeur de la thérébenthine.

---

6. *Analyse de quelques* COMBUSTIBLES MINÉRAUX *du pays de Cassel*; par M. Ernest Kuhnert. (Ann. der Phar., t. 37, p. 94.)

Le combustible desséché était brûlé par un grand excès d'oxyde de cuivre, et on dosait son carbone et son hydrogène. Le poids qu'on soumettait à la combustion était ordinairement de $0^{gr.},350$. Il faut employer un grand excès d'oxide de cuivre, et faire rougir fortement le tube, pour être bien sûr que tout le carbone est brûlé; mais du reste l'emploi de cet oxyde ne laisse rien à désirer; et même quelques analyses faites avec le chrômate de plomb ont donné un peu moins de carbone qu'avec l'oxide de cuivre. La proportion des cendres a été déterminée en grillant dans une capsule de platine à demi couverte. Je faisais pour chaque échantillon deux combustions, mais seu-

lement une expérience pour déterminer l'eau hygrométrique ou les cendres. Les morceaux suivants ont été soumis à l'analyse :

1. *Anthracite rayonnée de Meissner.* — Elle est mate ou brillante en quelques endroits; sa couleur varie du gris d'acier au noir de fer : ses cendres sont rougeâtres.

2. *Pechkohle* (1) *de Meissner.*— Cassure conchoïde et très-brillante; couleur de poix noire : il donne beaucoup de gaz d'éclairage et par conséquent beaucoup de flamme. Cendres blanches.

3. *Pechkohle du Hirschberg.* — Semblable au précédent, seulement il est bulleux.

4. *Pechkohle de Habichtwald.* — Comme 2.

5. *Houille sèche éclatante du Hirschberg.* — Comme 3, seulement elle est plus bulleuse.

6. *Lignite passant au Pechkohle de Habichtwald.* — Il forme la principale masse de la mine; cassure un peu conchoïde; peu d'éclat; couleur de poix noire; cendres jaune-orange.

7. *Partie inférieure.*

8. *Partie moyenne du lignite de Rigenkuhl (Hirschberg).* — Ce sont des lignites proprement dits : couleur brun foncé; cassure terreuse et matte; ils ont beaucoup d'empreintes végétales, d'une couleur jaune sale, tachant les doigts; ils donnent des cendres jaunes.

9. *Lignite ayant la texture du bois, de Rigenkuhl (Hirschberg).* Couleur de coquille de noix un peu foncée; sa texture est celle du bois, il brûle avec une forte flamme; il est un peu brillant dans sa cassure transversale. Les cendres sont gris jaunâtre.

---

(1) *Pechkohle*, houille sèche piciforme.

10. *Lignite de Stillberg près Sohrwald.* — Il est brun, ressemble aux lignites des numéros 7 et 8 de Rigenkuhl. Il renferme peu d'empreintes végétales. Cassure terreuse et mate, cendres grises.

Analyses.

COMBUSTIBLE.	100 PARTIES DE COMBUSTIBLE DONNENT :				
	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Eau hygrométrique.	Cendres.
1. Anthracite de Meissner. .	69,995	3,21	7,695	3,[illegible]	15,47
	70,243	3,17	7,487		
	moy. 70,119	3,19	7,591		
2. Pechkohle de Meissner. .	56,70	4,69	27,11	9,07	2,43
	56,60	4,82	27,18		
	moy. 56,60	4,75	27,16		
3. Pechkohle du Hirschberg.	60,83	4,56	24,64	9,30	0,8[illegible]
4. Pechkohle de Habichtwald.	57,34	4,51	26,03	10,79	7,3[illegible]
	57,18	4,54	26,16		
	moy. 57,26	4,52	26,10		
5. Houille sèche éclatante du Hirschberg.	64,99	4,79	19,66	7,8[illegible]	2,7[illegible]
	66,79	4,88	17,77		
	66,55	4,80	18,09		
	moy. 66,11	4,82	18,51		
6. Lignite passant au pechkohle de Habichtwald.	55,51	4,15	25,90	11,11	3,3[illegible]
	54,10	4,28	27,18		
	53,52	4,19	27,86		
	moy. [illegible]8	4,20	26,98		
7. Lignite inférieur du Hirschberg.	52,45	4,21	22,32	16,10	4,9[illegible]
	53,50	3,98	21,50		
	moy. 52,98	4,09	21,91		
8. Lignite de la partie moyenne du Hirschberg.	55,21	4,01	22,06	15,52	3,[illegible]
	54,70	4,02	22,56		
	moy. 54,96	4,02	22,31		
9. Lignite à texture de bois de Rigenkuhl-Hirschberg. . .	51,61	5,29	30,42	11,30	1,[illegible]
	51,79	5,21	30,32		
	moy. 51,70	5,25	30,37		
10. Lignite de Stillberg. . . .	51,27	4,67	20,84	16,27	6,9[illegible]
	50,29	4,57	21,92		
	moy. 50,78	4,62	21,38		

7. *Analyse de quelques* BITUMES; par M. Boussingault. (Ann. de Ch. t. 73, p. 442.)

Bitume visqueux de Bechelbrunn (Bas-Rhin.) — En soumettant ce bitume à une distillation ménagée à 230°, on obtient une huile jaune qui présente toutes les propriétés du pétrolène. J'ai trouvé dans cette huile

0,882	à	0,886 de carbone.
0,123	à	0,127 d'hydrogène.

Bitume vierge de Bechelbrunn. — Ce bitume surgit à la surface d'une prairie, dans le voisinage de la fabrique; son odeur est aromatique; il est brun; sa consistance est beaucoup moins ferme que celle du bitume provenant du traitement du sable. Il contient :

Carbone.	0,883
Hydrogène.	0,111
Azote.	0,011
	1,005

et probablement une petite quantité d'oxygène.

Bitume liquide, huile de pétrole des environs de Hatten (Bas-Rhin.) — Cette huile ne paraît pas former un gisement bitumineux important; elle est montée au jour, à la suite de quelques coups de sonde dans le terrain tertiaire. Elle est très-fluide, d'un brun assez foncé, d'une odeur agréable et qui rappelle celle du pétrolène. Elle contient :

Carbone.	0,887
Hydrogène.	0,126
Azote.	0,004
	1,017

Asphalte solide de Caxitambo, près Cuença, au Pérou. Il contient :

Carbone.	0,8863	0,8870
Hydrogène.	0,0969	0,0960
Oxygène et azote. . .	0,0168	0,0170
	1,0000	1,0000

---

8. *Analyse de la* CIRE FOSSILE *de Truskavictz en Gallicie*, par M. Walter. (Journ. de Pharm., t. 27, p. 40.)

Cette substance a été trouvée à la profondeur de 2 à 3 mètres dans des couches de grès et d'argile bitumineuse; elle est peu soluble dans l'alcool et l'éther. Elle fond à 59°, et à 100° elle perd un peu d'eau : à 350°, elle entre en pleine ébullition, et il s'en dégage d'abord des huiles et ensuite en grande abondance une matière jaune qui, débarrassée des huiles par pression et dissoute dans l'éther bouillant, se précipite par le refroidissement, sous forme d'une matière blanche nacrée.

Cette matière a la même composition que la paraffine, et, comme elle, elle est inattaquable par l'acide sulfurique.

---

9. *Analyse des* EAUX POTABLES *des environs de Lyon* (*des eaux de sources et des eaux de rivières de Lyon*, par M. Dupasquier, in-8, 1840.)

	EAUX DE SOURCES.		EAUX DU RHÔNE.	
	Plateau. (1)	Jardin des Plantes. (2)	En été.	En hiver.
	cent.		cent.	cent.
Acide carbonique. . . .	5,694	»	0,653	1,820
Oxygène.	0,575	»	0,653	0,706
Azote.	0,505	»	0,153	1,240
	gr.	gr.	gr.	gr.
Carbonate de chaux. .	0,216	0,270	1,510	2,250
Sulfate de chaux. . . .	0,010	0,252	0,100	0,293
Chlorure de calcium. .	0,009	0,168	trace.	0,101
Chlorure de sodium. .	0,007	0,126		
Chlorure de magnésium.	»	0,016	»	»
Nitrate de chaux. . . .	»	0,076	»	»
Sulfates de magnésie et de soude.	»	»	»	0,103
	gr.	gr.	gr.	gr.
Pour un litre.	0,242	0,908	1,610	2,747

Eaux réunies des quatre sources de Roye, de Rouzier, de Fontaine et de Neuville. — Ces quatre sources sont situées le long de la Saône, à une hauteur d'environ 80 mètres sur la pente septentrionale du plateau qui sépare le Rhône de la Saône. L'eau de chacune d'elles a presque exactement la même composition. Cette eau est excellente, dissout bien le savon, cuit bien les légumes, et est très-propre aux travaux de la teinture.

Eau de la source du Jardin des plantes. — Cette eau est crue, dure, mauvaise, et dissout mal le savon.

10. *Analyse de l'*EAU *du puits de Grenelle*; par M. Payen. (Compte-rendu de l'Ac. 1840.)

Sur 100,000 parties, cette eau contient :

Carbonate de chaux.	6,60
Carbonate de magnésie. . . .	1,42
Bicarbonate de potasse. . . .	2,96
Sulfate de potasse.	1,20
Chlorure de potassium. . . .	1,09
Silice.	0,57
Substance jaune.	0,02
Matière organique.	0,24
	14,10

Cette composition, comparée à celle de l'eau de la Seine, montre que l'eau de Grenelle contient environ moitié moins de sels calcaires. Elle en diffère en outre par l'absence du sulfate de chaux.

---

11. *Des* EAUX *de Cransac* (Aveyron); par MM. Henry et Poumarède. (Journ. de Phar., t. 26, p. 532.)

Cransac est un petit bourg agréablement situé sur le versant d'une colline tout au fond de l'étroite vallée de l'Aune, à cinq lieues nord de Villefranche, et à quelques milles seulement de l'antique petite ville d'Albin.

Les eaux minérales qui existent auprès de ce bourg sont froides, limpides, d'une saveur très atramentaire et fortement acide. Exposées à l'air, elles se troublent et laissent déposer une poudre jaune de sous-sulfate de fer.

L'analyse de l'eau des principales sources a donné les résultats suivants :

Source Haute ou *Basse Richard* : on la considère comme la plus active, elle contient :

Sulfate de manganèse.	0,00155
— de fer.	0,00125
— de magnésie.	0,00099
— d'alumine.	0,00047
— de chaux.	0,00075
Silice.	0,00007
	0,00508

Source douce ou *basse Richard*, celle que l'ôn regarde comme la plus efficace. Elle contient :

Sulfate de chaux.	0,00243
— de magnésie.	0,00220
— d'alumine.	0,00115
— de fer.	0,00015
— de manganèse.	0,00014
Silice.	0,00002
Matière organique.	0,00002
	0,00611

Source douce ou *basse Bézelgues* : c'est cette eau que les malades boivent aujourd'hui. Elle contient :

Sulfate de manganèse.	0,00112
— de magnésie.	0,00040
— de chaux.	0,00121
— d'alumine.	0,00095
	0,00368

Source haute ou *forte Bézelgues*. Elle contient :

Sulfate de peroxyde de fer. . .	0,0090
— de manganèse.	0,0002
— de chaux. . . . . . . } — de magnésie. . . . . } — d'alumine. . . . . . . }	0,0004
	0,0096

Source du fossé Galtier. Elle provient d'une mine de houille abandonnée, à 500 ou 600 mètres à l'ouest de Cransac. Elle contient :

Sulfate de protoxyde de fer. .	
— de peroxyde de fer. . .	0,0040
— d'alumine.	
— de chaux.	0,0022
— de magnésie.	
	0,0062

Source d'Omergue. Elle contient :

Sulfate de protoxyde de fer.	0,00135
— de peroxyde de fer. .	
— de manganèse.	0,00042
— d'alumine.	0,00021
— de chaux.	0,00012
— [de magnésie..	
	0,00210

L'eau des diverses sources de Cransac est évidemment minéralisée par les produits qui résultent de la décomposition des schistes pyriteux manganésifères qui abondent dans les environs.

---

12. *Analyse de* L'EAU *de la mer du Nord*, par M. Clemm. (Ann. der Pharm., t. 37, p. 111.)

Cette eau a été recueillie, en décembre 1839, auprès de Barmouth, dans le nord du pays de Galles, en un point très-éloigné de la côte. Sa pesanteur à 19° a été trouvée de 1,023. Elle donne par l'évaporation un résidu anhydre de 0,0378 qui est composé de :

Chlorure de sodium.	0,02484
Chlorure de magnésium.	0,00242
Sulfate de magnésie.	0,00206
Chlorure de potassium.	0,00125
Sulfate de chaux.	0,00120
	0,03177

et qui renferme en outre une trace de carbonates de chaux, de magnésie, de fer et de manganèse, de phosphate d'alumine, de brômure, d'iodure, de silice, d'acide carbonique, d'ammoniaque et de matière organique.

---

13. *Analyse de* L'EAU *de la mer Noire, de la mer d'Azow et de la mer Caspienne;* par M. Gobel. (An. de Pog., 1839.)

L'analyse de l'eau de ces trois mers a donné :

	Mer Noire.	Mer d'Azow.	Mer Caspienne.
Chlorure sodique. . . .	14,0195	9,6583	3,6731
Chlorure potassique. . .	0,1892	0,1279	0,0761
Chlorure magnésique. . .	1,3045	0,8870	0,6324
Brômure magnésique. . .	0,0052	0,0035	traces.
Sulfate calcique.	0,1047	0,2879	0,4903
Sulfate magnésique. . . .	1,4700	0,7642	1,2389
Bicarbonate calcique. . .	0,3546	0,0221	0,1705
Bicarbonate magnésique.	0,2086	0,1286	0,0129
	17,0663	11,8795	6,2942
Densités.	1,01365	1,00970	1,00539

---

14. *Analyse de* L'EAU *du lac Elton, en Crimée;* par M. Gobel. (An. de Pog., 1839.)

L'échantillon d'eau analysée avait une p. sp. de 1,21879 et a donné, sur 100 parties :

Chlorure sodique.	13,124
Chlorure potassique.	0,222
Chlorure magnésique.	10,542
Brômure magnésique.	0,007
Sulfate magnésique.	1,665
	25,560

---

15. *Analyse de* l'EAU-MÈRE *de Seidschütz en Bohême*, par M. Berzelius. (Ann. de Pog., t. 51, p. 138.)

Struve, qui a déjà analysé cette eau-mère, y a trouvé :

Sulfate de potasse.	0,0063724
Sulfate de soude.	0,0305940
Sulfate de strontiane.	0,0000599
Sulfate de chaux.	0,0019596
Sulfate de magnésie.	0,1082528
Nitrate de magnésie.	0,0133810
Hydrochlorate de magnésie. .	0,0022742
Carbonate de chaux.	0,0008362
Carbonate de magnésie. . . .	0,0014297
Oxydes de fer et de manganèse.	0,0000221
Phosphate basique de chaux. .	0,0000208
Phosphate basique d'alumine.	0,0000156
Silice.	0,0001562
	0,1655243

Une analyse récemment faite a donné à M. Berzelius :

Sulfate de potasse.	0,005334
Sulfate de soude.	0,060940
Sulfate de chaux.	0,013122
Sulfate de magnésie.	0,109592
Nitrate de magnésie.	0,032778
Chlorure de magnésium. . .	0,002825
Crénate de magnésie.	0,001389
Carbonate de magnésie. . . .	0,006492
Silice.	0,000047
Brôme, iode, fluor, ammoniaque.	traces.
	0,236553

L'eau analysée par M. Berzélius était beaucoup plus près du point de saturation que celle que Struve a examinée. Sa densité était de 1,01808.

16. *Analyse des* EAUX-MÈRES *de la saline de Bex*, par M. Morin. (Bibliot. de Gen., tom. 31, p. 145.)

A Bex, on fait subir au minerai salifère trois lavages successifs. L'eau provenant des deux premiers lavages est évaporée immédiatement; l'eau du troisième lavage est concentrée sur des bâtiments de graduation avant d'être évaporée.

La quantité de sel fabriqué annuellement varie de 1,500,000 à 1,750,000 kilogrammes, et l'on obtient en outre 48,000 à 56,000 kilogrammes d'eaux-mères. Les eaux-mères, dont on ne tirait autrefois aucun parti, sont transportées maintenant à l'établissement de bains de Lawey, situé à une lieue plus haut dans la vallée. M. le docteur Lebert les administre à ses malades, soit en bains, soit en boissons, et il en obtient beaucoup de succès. Elles renferment :

Chlorure de magnésium.	0,14280
Chlorure de calcium.	0,04039
Chlorure de potassium.	0,03862
Chlorure de sodium.	0,03392
Brômure de magnésium.	0,00065
Iodure de magnésium.	0,00008
Sulfate de soude.	0,03549
Silice.	0,00015
Alumine.	0,00039
Matière organique. . . .	quantité indéterminée.
	0,29249

On peut reconnaître la présence du brôme, même dans les eaux de lavage du minerai, au moyen du chlore et de l'éther; mais l'existence de l'iode ne peut être constatée que dans les eaux-mères.

17. *Sur le* NITRATE DE SOUDE *du Pérou*, par M. Hayes. (Amer. Journ., octobre 1840.)

Il y a très-longtemps que l'on exploite les dépôts de nitrate de soude qui existent au Pérou. Ces dépôts se trouvent au nord et à l'ouest d'Arica, dans la province de Taracapa, et au sud de cette ville, jusque près de la rivière Loa. Ils sont presque à la surface du sol. Le pays est une pampa élevée (steppe), formant une espèce de bassin fermé à l'ouest par les falaises du rivage, au nord et à l'est par des collines de grès, et au sud par le ravin dans lequel coule la rivière Loa, vers son embouchure.

Ce bassin est presque inhabitable. A *peu près* vers son milieu il existe une vaste forêt souterraine composée de grands arbres, qui ont la couleur du vieil acajou, mais qui brûlent sans flamme. La surface de la pampa consiste essentiellement en sables, en marne brune et en menus fragments de coquilles qui ont conservé leur couleur.

La matière saline se compose de sulfates de chaux et de soude, de sel marin et de nitrate de soude. Le nitrate de soude se trouve en lits distincts, séparés par de minces couches de terre argileuse brune. On le rencontre aussi mêlé en petite proportion avec les autres sels.

Pour l'extraire, on bocarde les morceaux les plus riches et on les traite par de l'eau bouillante, de manière à obtenir une dissolution saturée; puis on verse cette dissolution dans des rafraîchissoirs en bois dans lesquels le nitrate de soude cristallise. Le résidu qui est rejeté retient pourtant encore plus de la moitié du nitrate qu'il aurait pu fournir.

Le nitrate natif a une structure granuleuse, tantôt à grains fins, tantôt à gros grains. Sa couleur varie du blanc de neige au gris et au brun rougeâtre : quelques échantillons présentent des taches d'un jaune citron, distribuées irrégulièrement. Sa pesanteur spécifique est de 2,290. Il a une odeur particulière qui ressemble à celle du chlorure d'iode dissous dans l'eau. Sa composition moyenne est la suivante :

Nitrate de soude.	0,6498
Sulfate de soude.	0,0300
Chlorure de sodium.	0,2869
Iodure de sodium.	0,0063
Coquilles et marne.	0,0260
	0,9990

On y trouve, à l'état de mélange, du nitrate de potasse, du sulfate de chaux, du chlorure de sodium, des iodures de potassium et de sodium et du chloro-iodate de magnésie, qui donne à quelques échantillons la couleur d'un jaune brillant qu'ils présentent quelquefois.

---

18. *Recherches sur la nature du* FELDSPATH ; par M. Herman Abisch. (Ann. de Pog. Traduit et extrait par M. Durocher, ingénieur des mines.)

Les recherches que je publie ici forment la partie chimique d'un travail général, dont je m'occupe maintenant, concernant les relations géologiques des environs de Naples.

Ces recherches ayant pour but la connaissance d'un genre minéral si important dans l'histoire de notre globe, méritent d'autant plus d'être con-

nues, qu'elles sont peut-être destinées à compléter les travaux par lesquels M. le professeur Gustave Rose a déjà excité maintes fois le plus vif intérêt, au sujet de la même question.

Après la description de la méthode que j'ai suivie dans ces expériences et dans d'autres semblables, je donnerai une exposition spéciale de ces analyses et de leurs résultats, qui forment l'objet principal de cet écrit.

L'emploi du carbonate de baryte comme moyen d'attaque pour les combinaisons silicatées, n'est pas nouveau; mais il a été jusqu'à présent très-restreint, quoique la propriété qu'a le sel de perdre entièrement son acide carbonique à la chaleur blanche tende beaucoup à faciliter la *réaction*.

Je l'ai employé avec succès dans l'analyse des aluminates que je n'aurais pas osé aborder sans cet agent; il m'a été aussi très-utile dans mes recherches sur la cyanite, l'andalousite et la staurolide.

Ces minéraux porphyrisés et mêlés avec quatre fois leur poids de carbonate de baryte, étaient chauffés au blanc pendant un quart d'heure, après quoi le tout se dissolvait parfaitement dans l'acide muriatique. Des essais analogues faits avec le corindon et le zircon réussirent de même, comme on devait s'y attendre, et maintenant l'emploi du carbonate de baryte, comme le meilleur moyen d'attaque pour toutes les substances minérales, même les plus dures, est tout à fait hors de doute.

Voici la méthode analytique que j'ai suivie dans mes recherches sur les feldspaths : la matière fondue avec du carbonate de baryte est dissoute dans de l'acide muriatique, et alors on opère la

séparation de la silice. Dans la dissolution on verse de l'ammoniaque concentrée, ne contenant pas une trace de carbonate ammoniacal; le précipité filtré et lavé est calciné et pesé, puis on le dissout dans l'acide muriatique concentré, et on opère la séparation des bases à la manière ordinaire.

De la quantité de carbonate de baryte employée pour l'attaque du minéral, on déduit la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour précipiter la baryte; on pèse cet acide dans l'état le plus concentré, et on l'ajoute à la dissolution. Après que le précipité a été séparé, on verse dans la liqueur un peu de chlorure de baryum, de telle sorte qu'il n'y reste pas d'acide sulfurique et que la baryte soit dans le plus petit excès possible. Ensuite on y mêle un peu d'hydrosulfate d'ammoniaque récemment préparé, qui précipite le manganèse, et avec de l'oxalate d'ammoniaque on sépare la chaux.

La liqueur est alors évaporée à siccité, le résidu est chauffé assez fortement pour expulser le sel ammoniac, puis on le fait digérer avec de l'acide muriatique, on le dessèche et on le pèse: il contient de la baryte qui est restée, des alcalis et de la magnésie.

On pèse alors une quantité d'acétate d'argent cristallisé, calculée en supposant que tout se trouve à l'état de chlorure de sodium; on la dissout dans de l'eau, et on l'ajoute à la dissolution des chlorures.

L'excès d'acétate d'argent est décomposé par l'hydrogène sulfuré, liquide ou gazeux. Ensuite, en desséchant, calcinant et reprenant par l'eau, on sépare les carbonates de baryte et de magnésie, et cette dernière base est déterminée à l'état de sulfate. Les alcalis sont ensuite pesés à l'état de chlo-

rures, et leur séparation se fait à l'aide du chlorure de platine.

La dissolution alcoolique séparée de la potasse, doit, par l'évaporation spontanée, produire des cristaux de chlorure platinico-sodique. La production de ces cristaux dans une liqueur contenant la plus petite quantité de soude est un excellent moyen qualitatif pour s'assurer de l'existence de la soude dans des cas douteux.

L'économie de temps et la précision, les deux choses les plus importantes dans des recherches aussi compliquées, m'ont paru résulter de cette méthode à un beaucoup plus haut degré que des autres méthodes employées pour analyser les combinaisons silicatées.

Feldspath d'Epoméo à Ischia. La modification tufacée du trachyte qui forme les piliers des montagnes centrales de l'île d'Ischia et de la hauteur nord-ouest de la pittoresque Folonga, paraît avoir une origine éruptive : plus loin, vers l'est, cette formation atteint sa plus grande élévation à Époméo ; elle y est environnée d'une masse presque friable, rendue tout à fait méconnaissable par la décomposition, qui contient beaucoup de petits groupes de cristaux de feldspath, se rattachant, sous tous les rapports, à l'espèce connue sous le nom de feldspath vitreux. Ces cristaux possèdent deux clivages faciles à mesurer et qui sont parfaitement à angle droit. Deux des arêtes du prisme symétrique étant fortement tronquées, la plus grande partie des cristaux ressemble à des tables avec les faces M prédominantes.

La plupart sont jumeaux, comme ceux de Carlsbad et du Drachenfels sur les bords du Rhin ; ils sont réunis par les faces M. Les extrémités des ta-

bles paraissent terminées alternativement par P et C. Leur aspect est fissuré, leur grandeur dépasse rarement deux lignes, avec une épaisseur d'un millimètre, et leur couleur est, comme celle de la roche, gris blanc, tirant légèrement sur le jaune. On voit, à l'intérieur des cristaux, des grains de fer titané, sans cristallisation distincte, des tables de mica noir à six faces et des fragments d'un minéral vert foncé, dont la forme imparfaite ne permet pas de préciser si c'est de l'amphibole ou de l'augite : du reste, tous ces mélanges, à l'exception du mica, n'y sont qu'à l'état de trace qu'on ne pourrait reconnaître à l'œil nu. Je n'ai pu trouver nulle part d'hornblende formant un élément associé à ces roches, et je regarde comme certain que ce minéral manque totalement à Ischia, d'après l'examen du sable que l'on trouve sur les côtes : on y voit des fragments distincts de feldspath, de l'obsidienne, du pechstein, du fer titané, de la ponce, du fer magnétique, de l'augite vert, souvent en cristaux très-nets, mais on n'y trouve point d'hornblende.

Après m'êtreassuré que ce feldspath ne s'attaque pas par l'acide muriatique concentré, j'ai réduit en poudre grossière des fragments de cristaux nettement formés, et je les ai fait digérer d'abord avec de l'acide muriatique, puis avec une dissolution concentrée de carbonate de potasse. Alors la poussière parut d'un blanc de neige, et examinée au microscope elle présentait des grains cristallins, à angles aigus, sans mélange étranger.

A la pression barométrique de $745^{m.},90^{c.}$, et à la température de 15° R., la densité de cette poudre, prise sur $3^{gr.},577$, a été trouvée de 2,5972.

L'analyse, faite d'après la méthode indiquée ci-dessus, sur $3^{gr.},164$, a donné pour résultat :

	Poids.	P. 100.	Quantité d'oxygène.		
Silice.	2,387	66,73	34,65		12
Alumine.	0,621	17,36	8,09	8,36	3
Peroxyde de fer.	0,030	0,81	0,27		
Magnésie.	0,043	1,20	0,45	3,25	1
Chaux.	0,044	1,23	0,34		
Potasse.	0,296	8,27	1,39		
Soude.	0,147	4,10	1,07		
	3,568	99,00	47,07		

En regardant la chaux, la magnésie, la potasse et la soude comme des bases isomorphes, il résulte de cette analyse une formule convenant exactement au feldspath-adulaire, exprimée par $\dot{R}\,\dddot{S}i + \dddot{R}\,\dddot{S}i^3$.

On peut aussi remarquer que la somme des quantités d'oxygène des alcalis est trois fois celle des terres, et que l'oxygène de la soude est à l'oxygène de la potasse dans le rapport de 1 à 1,29.

Et c'est précisément par cette relation entre la potasse et la soude que le feldspath vitreux, caractéristique du trachyte, se distingue des autres membres de ce genre minéral.

Les recherches de M. Berthier indiquent pour le feldspath vitreux du Mont-d'Or, et du Drachenfels, dans les Siebengebirge, une composition tout à fait semblable à celle que j'ai trouvée pour le feldspath d'Époméo.

	Mont-d'Or.		*Drachenfels.*	
		Oxygène.		Oxygène.
Silice. . . .	66,10	34,28	66,60	34,59
Alumine. .	19,80	9,24	18,50	8,65
Potasse. . .	6,90	1,16	8,00	1,35
Soude. . .	3,70	0,78	4,00	1,02
Magnésie. .	2,00	0,77	1,00	0,38
Chaux. . .				
Fer. . . .			0,06	
	98,50		98,70	

Quoique dans ces analyses la perte de $1\frac{1}{3}$ p. o/o doive influer déjà essentiellement sur la formule, cependant la similitude dans les proportions conduit visiblement à la même formule que j'ai trouvée.

Il y a aussi une grande analogie dans ce feldspath avec la composition que Gmélin a trouvée pour l'élément non attaquable de divers phonolithes; et déjà Gmélin arrive à cette conclusion, que dans le phonolithe, le feldspath vitreux diffère de l'orthoclase par une notable quantité de soude. (Ann. de Poggendorf, vol. 14.)

D'autres recherches que j'espère pouvoir bientôt publier m'ont conduit à cette idée que l'absence d'un feldspath à potasse pure, aussi bien que l'existence au moins d'une variété de feldspath contenant de la potasse et de la soude, est une condition nécessaire pour former un trachyte.

L'analyse suivante, faite pour reconnaître si le feldspath contenu dans le tuf de Pausilippe diffère de celui d'Époméo, vient aussi à l'appui de cette opinion.

Feldspath du tuf de Pausilippe. — Dans la roche identique du tuf de Pausilippe, qui, à Nola, a été soulevée au jour d'une profondeur de 100 palmes, l'élément insoluble dans les acides m'a représenté parfaitement le feldspath des tufs de cette contrée, et m'a fourni la matière de cette recherche.

3gr.,066 ont eu pour densité 2,6506, et ont donné pour résultats à l'analyse :

Silice.	2,081	67,87	35,25	12
Alumine.	0,482	15,72	7,42	3
Peroxyde de fer. . .	0,074	2,41	0,73	
Magnésie.	0,043	1,40	0,53	
Chaux.	0,097	3,16	0,87	1
Potasse.	0,205	6,68	1,12	
Soude.	0,087	2,86	0,72	
	3,079	100,10		

Cela donne pour formule $\dot{R}\,\dddot{Si} + \dddot{\bar{R}}\,\dddot{Si}^{3}$.

Ainsi il y a identité avec le feldspath d'Époméo, quoique, ici, le rapport de l'oxygène de la soude à l'oxygène de la potasse soit de 1 : 1,53.

Feldspath contenu dans la lave de l'Arso à Ischia. — Ce feldspath forme la plus grande partie de la matière insoluble dans les acides ; celle-ci a une densité de 2,6307, tandis que la densité de la lave est 2,6414. Le feldspath de l'Arso a tous les caractères d'un feldspath vitreux ; ses clivages paraissent rectangulaires. Les cristaux ont un éclat vitreux très-vif, une blancheur et une transparence parfaite ; ils atteignent la longueur d'un quart de pouce et l'épaisseur d'une ligne ; le plus souvent, ils sont jumeaux comme ceux d'Époméo ; ils s'en distinguent par un éclat plus grand et une structure plus fendillée. Les mêmes feuillets de mica, qu'on trouve mêlés dans la lave avec des grains verts d'augite et de petits grains beaucoup plus rares d'olivine, pénètrent aussi à l'intérieur du feldspath.

L'action de cette lave sur l'aiguille aimantée y démontre la présence du fer magnétique.

Ce feldspath n'est point attaquable par les acides ; sa densité, prise sur $4^{gr.}$,527 de poussière à la température de 15° R. et à la pression de $769{,}00^{mm.}$, a été trouvée de 2,6012.

L'analyse faite sur $4^{gr.}$,527 a conduit à la composition suivante :

Silice et traces de titane oxydé.	2,943	65,00	33.76	33,76	11
Alumine.	0,844	18,64	8,62	8,89	3
Peroxyde de fer. . .	0,038	0,83	0,27		
Oxyde de manganèse.	0,006	0,13	0,03	3,19	1
Chaux.	0,056	1,23	0,35		
Magnésie.	0,047	1,03	0,38		
Potasse.	0,413	9,12	1,54		
Soude.	0,158	3,49	0,89		
	4,505	99,49			

En comparant la densité et la composition de ce feldspath avec celui d'Époméo, on trouve de si petites différences, qu'on est porté à les regarder comme identiques.

Albite contenue dans le trachyte des Siebengebirge. — Outre le feldspath vitreux bien caractérisé, dans lequel les recherches déjà citées de M. Berthier ont démontré l'existence d'une quantité notable de soude, le trachyte des Siebengebirge m'a paru renfermer encore une autre variété de feldspath, dont il était important de déterminer la nature. Elle domine dans les variétés de trachyte blanches, et principalement dans la roche du Drachenfels dont elle forme en grande partie la masse blanche et cristalline, associée à des feuillets d'hornblende et à de petits grains de mica.

J'ai choisi, pour l'analyse, des fragments très-purs de cette masse, et j'en ai séparé avec beaucoup de soin les gros cristaux de feldspath vitreux.

La densité a été trouvée de 2,6893 à la pression de 769^{mm} et à la température de 15° R.

5$^{gr.}$,7875 ont pesé, a prèscalcination, 5,76; ce qui fait une perte de 0,45 p. 0/0.

10$^{gr.}$,399 ont été réduits en poudre fine et mis à

digérer pendant 24 heures avec de l'acide muriatique concentré.

De 9gr.,627 de matière insoluble, j'ai séparé 0,578 de silice; ce qui donne 1,350gr. d'élément soluble, et ainsi 100 parties de trachyte consistent en :

12,51 p. 0/0 de parties solubles,
87,49 p. 0/0 de parties insolubles.

L'analyse des 1,351 de parties solubles a donné les résultats suivants :

			Quantité d'oxygène.
Silice avec traces de titane oxydé	0,623	46,11	24,45
Alumine	0,062	4,58	2,13
Protoxyde de fer	0,404	29,88	9,56
Acide titanique contenant du fer	0,040	2,95	0,42
Chaux	0,045	3,33	1,28
Magnésie	0,063	4,66	1,30
Potasse	0,025	1,58	0,25
Soude	0,020	1,47	0,26
Oxyde de manganèse	0,017	1,22	0,71
Perte au feu	0,040	2,96	
	1,339	98,74	

Il est à observer que la plus grande partie de l'oxyde de fer doit être considérée comme du fer magnétique disséminé dans le trachyte.

Les 9,049 grammes de matière, séparés dans le cours de l'analyse précédente, formaient la partie du trachyte insoluble dans les acides. En poussière fine, elle paraissait d'un blanc de neige; les plus petites parties avaient une structure cristalline et étaient caractérisées par un vif éclat perlé ou plutôt soyeux.

La densité était de 2,6223, à la pression de

$757^{mm},20$: $4^{gr},251$ ont été fondus avec du carbonate de baryte, et ont conduit à la composition suivante :

Silice.	2,985	70,22	36,47	12
Alumine.	0,735	17,29	8,92	3
Peroxyde de fer.	0,035	0,82	0,24	
Magnésie.	0,018	0,41	0,15	
Chaux.	0,089	2,09	0,58	1
Potasse.	0,158	3,71	0,64	
Soude.	0,239	5,62	1,48	
	4,259	100,16		

Si l'on considère le rapport atomique de l'oxygène de la silice et des bases, on est conduit à la formule $\dot{R}\,\dddot{S} + \dddot{\bar{R}}\,\dddot{S}^3$ qui convient pour le feldspath adulaire, et si l'on compare la pesanteur spécifique (2,6223) avec celle de l'albite qui est en moyenne 2,6145, d'après les déterminations de Gustave Rose, il ne peut y avoir aucun doute que l'élément insoluble contenu dans le trachyte du Drachenfels ne soit une variété particulière d'albite.

La quantité de soude contenue dans l'albite pure n'entre ici que pour la moitié ; l'autre moitié est remplacée par de la potasse et de la chaux, de même que dans le feldspath vitreux, où une moitié de la potasse, qui serait nécessaire pour faire la formule du feldspath adulaire, est remplacée par de la soude et de la chaux.

En réunissant tous les éléments obtenus dans les deux analyses, on a, pour composition totale du trachyte, dont on a isolé le feldspath vitreux,

	Sur 10gr.,399			
Silice.	6,977	67,09	34,84	12
Acide titanique ferrifère.	0,040	0,38		
Alumine.	1,626	15,63	8,00	3
Protoxyde de fer.	0,478	4,59	1.34	
Magnésie.	0,101	0,97	0,35	
Chaux.	0,234	2,25	0,62	1
Potasse.	0,361	3,56	0,61	
Soude.	0,528	5,07	1,33	
Principes volatils. . . .	0,040	0,45		
	10,385	98,99		

Si l'on considère la plus grande partie de l'oxyde de fer contenu dans le trachyte, comme provenant d'un mélange de fer magnétique, et que l'on fasse abstraction de l'acide titanique qui s'y trouve, alors les proportions des quantités d'*oxygène des* divers éléments conduisent exactement à la formule $\dot{R}\dddot{S} + \dddot{\bar{R}}\dddot{S}^3$; si l'on ajoute du feldspath vitreux, ce qui n'apporte aucun changement dans la formule, puisqu'elle convient également pour représenter ces deux variétés de feldspath qui constituent également le trachyte du Drachenfels, on voit qu'il en résulte une expression très-simple pour représenter l'ensemble de la roche.

Cette propriété établit une distinction bien tranchée entre ce trachyte et les roches volcaniques d'une époque antérieure, qui tantôt forment des masses subordonnées semblables à des coulées de laves, tantôt ont fait éruption verticalement, et jouent un rôle très-important dans la structure de puissants cratères de soulèvement, roches qu'on est habitué à désigner également sous le nom de trachytes.

Les recherches que j'ai faites sur des roches de cette espèce, provenant de différentes localités.

m'ont ramené plus ou moins à la nature du phonolithe, et jamais je n'ai trouvé, pour représenter la composition de leur ensemble, une formule aussi simple que celle que j'ai trouvée pour le trachyte.

La formule qui représente le trachyte des Siebengebirge indique une grande richesse en silice, et cette substance s'y trouve quelquefois séparée à l'état de quartz pur. La variété de trachyte de Perlnhadt présente, sous ce point de vue, un intérêt particulier. On y voit de petits cristaux hexaédriques de quartz, quelquefois dans le voisinage immédiat de gros cristaux de feldspath vitreux, qui se sont formés au milieu d'une masse gris clair, et souvent à la vérité sur les parois intérieures de cavités en forme de druses, qui séparent de la masse de gros cristaux de feldspath imparfaitement formés, et qui sont quelquefois tapissées d'une substance jaune clair, probablement analogue aux zéolites.

Une moindre densité, une diminution dans la proportion de silice avec une plus grande teneur en fer, une coloration plus foncée de la roche, et la présence d'un élément soluble dans les acides, analogue aux substances zéolitiques; telles sont peut-être les marques distinctives les plus tranchées entre les trachytes proprement dits et le phonolithe, considéré comme type d'un ensemble de roches analogues.

Labrador de l'Etna. — La matière de cette analyse consistait en cristaux parfaitement formés que j'ai recueillis dans une promenade, au val de Bove, au pied de l'Etna, dans le voisinage du mont Calanna. Ce feldspath était mêlé à de beaux cristaux d'augite dans un sable grossier résultant de la destruction mécanique de l'une des

coulées de laves anciennes qui ont rempli cette vallée remarquable, pendant le cours de la période historique.

Quoique les cristaux de Labrador portent eux-mêmes les traces de la destruction qui les a séparés de la lave, cependant ils ont conservé leur forme primitive avec tant de régularité, qu'ils pourraient servir à faire une détermination cristallographique.

Ces cristaux sont accouplés par les faces M, de telle sorte que les faces P paraissent tournées dans différents sens; souvent ils se croisent dans des directions très-variées et forment des groupes très irréguliers. Les tables qui proviennent *de plusieurs* couples réunis, ont les faces P et M très-brillantes et atteignent à peine l'épaisseur d'un demi-millimètre, tandis que leur longueur est de 6 à 8 m.

Les cristaux sont d'une couleur brune et pénétrés intimement des cristaux d'augite, brillants et aigus, qu'il est très-difficile de séparer parfaitement. Les fragments de labrador, dépouillés d'augite, autant qu'il était possible, ont été réduits en poudre grossière et mis à digérer, d'abord avec de l'acide muriatique, puis avec une dissolution concentrée de carbonate de potasse; la poudre ainsi purifiée était blanche avec une légère teinte grise, provenant de quelques grains d'augite qui s'y trouvaient mêlés.

La densité a été trouvée de 2,714 à la pression de $740^{mm},65$, et à la température de 15° R.

$3^{gr}.,560$ attaqués au carbonate de baryte ont donné les résultats suivants :

Silice.	1,904	53,48	27,77	6
Alumine.	0,942	26,46	12,38	3
Peroxyde de fer. . .	0,057	1,60	0,49	
Oxyde de manganèse.	0,032	0,89	0,18	1
Chaux.	0,338	9,49	2,66	
Magnésie.	0,062	1,74	0,67	
Potasse.	0,008	0,22	0,03	
Soude.	0,146	4,10	1,08	
Perte au feu.	0,017	0,42		
	3,506	98,40		

Les éléments qui constituent ce feldspath sont les mêmes que précédemment; mais la différence de leurs proportions quantitatives, qui paraît produire une plus grande densité et une forme cristalline différente, caractérise ce minéral comme une espèce particulière.

En réunissant ensemble les bases fortes et les bases faibles comme isomorphes, sous le signe $\dot{R}$ et $\dddot{R}$, on a pour représenter ce minéral une combinaison de un atome de trisilicate de $\dot{R}$ et de trois atomes de trisilicate de $\dddot{R}$, ou bien la formule $\dot{R}\,\dddot{S} + \dddot{R}\,\dddot{S}$.

Anorthite de la Somma.—L'anorthite se trouve en cristaux tapissant des druses de tels blocs dolomitifs, dont le caractère primitif a été d'abord peu modifié par l'addition de combinaisons silicatées; ou bien, et c'est son gisement le plus abondant, elle se présente en parties engagées dans une roche qui consiste principalement en un mélange intime de mica et d'augite vert, et qui pénètre dans l'intérieur de gros blocs de dolomie, en conservant le caractère d'une roche particulière où l'on ne trouve pas une trace de substance dolomitique.

L'anorthite est presque toujours en cristaux bien

formés; la plupart sont limpides, d'un éclat vitreux parfait; quelquefois ils n'ont point de transparence, et, semblables à de l'albite, ils brillent d'un éclat perlé; on y trouve en mélange accidentel, presque exclusivement, les minéraux dans la composition desquels la magnésie ou la chaux, ou toutes deux ensemble, entrent comme principes essentiels, savoir : la méionite, le pléonaste, l'idocrase, rarement l'amphibole, et encore plus rarement l'haüyne.

J'ai pris, pour faire mon analyse, des fragments parfaitement purs d'un gros cristal, de la longueur d'un pouce, qui paraissait un agrégat de plusieurs individus et qui était enveloppé dans une masse d'augite et de mica. 2gr.,99 de poussière *fine ont été* dissous dans l'acide muriatique, et ont été décomposés dans les éléments suivants :

Silice.	1,545	44,98	23,36	23,36
Alumine.	1,012	33,84	15,80	15,90
Peroxyde de fer.	0,010	0,33	0,10	
Chaux	0,541	18,07	4,80	5,53
Magnésie. . . .	0,047	1,56	0,59	
Potasse et traces de soude. . . .	0,026	0,88	0,14	
	2,981	99,66		

Cette composition ne conduit pas à une formule parfaitement exacte. La plus vraisemblable est $\dot{R}^3 \ddot{S} + 3 \ddot{R} \ddot{S}$.

Nota. M. Abisch avait terminé ici son travail sur les feldspaths; mais, dans un troisième article, il a repris l'analyse de l'anorthite, et il y a joint les analyses de divers autres feldspaths; j'ai cru devoir réunir, à la suite des analyses citées dans ce troisième article, quelques observations générales

que M. Abisch avait placées à la fin de son deuxième article.

Troisième article, formant un supplément à l'anorthite.—Comme le résultat de l'analyse citée de l'anorthite ne me paraissait pas entièrement satisfaisant, j'ai voulu soumettre une seconde fois ce minéral à un essai rigoureux. Avant de décrire les résultats obtenus, qui m'ont confirmé dans l'idée que la formule $\dot{R}^3 \dddot{S}i + 3\ddot{\bar{A}}l \dddot{S}i$ est la seule qui convienne pour l'anorthite, je crois devoir rapporter succinctement les raisons qui m'avaient fait trouver dans la précédente analyse une quantité de silice un peu trop grande pour convenir à cette formule.

Quand on examine de près la nature des blocs dolomitiques où se trouve l'anorthite, on est porté à les regarder comme des débris métamorphiques de ces couches de calcaire apennin, qui, lors de la première période de la Somma, furent entrecoupées par de nombreuses fentes dans la partie centrale où se forma plus tard un cratère de soulèvement, et qui, par leur relation intime avec les masses bisilicatées répandues dans ces fentes, ont été fondues sur leur contour, et ont pris un aspect cristallin.

La leucite étant très-facilement fusible avec la chaux carbonatée, et la silice pouvant se combiner de bien des manières avec la chaux, il a dû se former un grand nombre de substances minérales dans la composition desquelles entrent l'alumine, la chaux, la magnésie, ainsi que la potasse.

Parmi ces minéraux, on distingue le mica, le pyroxène, l'idocrase, le grenat, la trémo-

lite, le pléonaste et autres, le plus souvent entremêlés dans le calcaire; mais quelquefois ils sont visibles en gros cristaux parfaitement formés, principalement dans des druses entièrement fermées ou dans des fentes. A mesure qu'on approche de ces fentes, le calcaire grenu dolomitisé disparaît, et est remplacé par une croûte cristalline feuilletée qui paraît consister en grande partie en un mélange intime de minéraux micacés et talqueux. Ces druses, dont la nature particulière semble avoir été très-favorable à la formation des silicates doubles d'alumine et de chaux, tels que la méionite et l'anorthite, se terminent souvent par une masse tantôt vitreuse et amorphe, tantôt blanche et cristalline. Cette masse est difficilement fusible, très-peu soluble dans les acides, et s'entrelace singulièrement avec les cristaux qui tapissent les parois des druses; tantôt ces cristaux sont attachés aux diverses parties de cette masse, et y pénètrent même en se vitrifiant; tantôt ils sont enveloppés par elle en partie ou totalement, mais de telle sorte qu'il n'y ait pas un contact parfait; cela est très-visible dans les druses qui ne contiennent que de la méionite. Cette masse amorphe remplit les druses comme un noyau mobile dans sa coque, et les cristaux y tiennent quelquefois si solidement, qu'on ne peut la détacher sans briser les cristaux qui s'y trouvent. Il y a des cristaux qu'il est facile d'isoler, au moyen d'une pression régulière, et, une fois séparés, ils n'ont plus les angles aigus et paraissent couverts d'une poussière blanche. L'examen microscopique montre que cette poussière provient de la destruction de la surface, qui consiste en une multitude de petits cristaux d'une autre forme que celle de la méionite;

mais cela est rare : les cristaux parfaits et nettement terminés de tous les côtés sont très-rares ; jamais ils ne sont enveloppés dans la croûte qui tapisse l'intérieur des druses, et qui est formée d'un agrégat de cristaux microscopiques d'idocrase, de pyroxène, et d'autres petits cristaux indéterminables. Les fragments de dolomie, qui proviennent de la limite immédiate de la leucithophyre et du calcaire apennin, sont surtout intéressants. Une masse scoriacée, contenant de la leucite et du pyroxène, passe immédiatement à un mélange de feuilles micacées jaunes, et de spath calcaire, qui devient bientôt à grains fins et dolomitique, et contient avec le pyroxène des grains de pléonaste, dont une partie est magnétique. Une partie notable de la masse dolomitique est insoluble dans les acides, et forme une poudre cristalline composée de divers minéraux, et qui est très-peu fusible.

De peur que l'anorthite destinée à être analysée ne fût souillée par le mélange de minéraux microscopiques, j'ai sacrifié les cristaux isolés les plus purs et les plus transparents, et j'ai analysé deux sortes de cristaux : les uns (*a*) provenant des druses de dolomie ; les autres (*b*), qui étaient enveloppés dans un mélange de pyroxène et de mica.

La densité des cristaux pulvérisés est de 2,763 à 15° R ; elle diffère très-peu de celle qui a été trouvée par Gustave Rose.

Deux essais ont été faits pour vérifier la pureté de la silice obtenue dans ces analyses ; une moitié de la silice a été essayée par l'acide fluorhydrique ; l'autre moitié a été dissoute dans de la potasse. Dans l'analyse (*a*) seulement, la silice a laissé un résidu de 0,75 p. 0/0 de matière étrangère inattaquée par les acides. La potasse et la soude ont été déterminées avec soin.

(*a*) Analyse sur 3gr.,542.

Silice.	1,563	44,12	22,92	22,92
Alumine.	1,244	35,12	16,40	16,61
Peroxyde de fer.	0,025	0,70	0,12	
Chaux.	0,675	19,02	5,34	5,63
Magnésie. . . .	0,020	0,56	0,20	
Potasse.	0,009	0,25	0,04	
Soude.	0,010	0,27	0,05	
	3,546	100,04	1 : 3 : 4	

Le rapport de l'oxygène de $\dot{R}$ à $\dddot{R}$ est 1 : 3, et l'oxygène des bases est à l'oxygène de la silice comme 1 : 1,03.

(*b*) Analyse sur 2gr.,941.

Silice.	1,288	43,79	22,74	22,74
Alumine. . . .	1,044	35,49	16,57	16,74
Peroxyde de fer.	0,017	0,57	0,17	
Chaux.	0,557	18,93	5,13	5,54
Magnésie. . . .	0,010	0,34	0,21	
Potasse.	0,016	0,54	0,09	
Soude.	0,020	0,68	0,17	
	2,952	100,34	1 : 3 : 4	

Ces deux analyses conduisent à la formule $\dot{R}^3\ddot{S}+3\dddot{R}\dddot{S}$.

Il est vrai que la silice est un peu en excès, mais en si petite quantité qu'on peut ne pas en tenir compte.

L'anorthite qui se trouve avec le pyroxène et le mica, paraît être la plus pure ; elle renferme deux fois plus de potasse et de soude que celle provenant des druses de dolomie, mais aussi elle contient moins de magnésie.

Pseudo-albite de l'andésite d'Amérique. — En examinant de plus près le porphyre dioritique qui occupe une place importante dans les

Cordillières, et que Humboldt a appelé andésite à cause de sa grande extension, j'observai la plus facile fusibilité du minéral pris pour de l'albite, qui, à l'état de cristaux bien caractérisés, forme l'élément prédominant de cette roche. (Je renvoie à la description que j'en ai faite dans les Annales de Pog., vol. 34, 37, 40, 44, et à M. de Buch, île de Canarie.)

Je me confirmai dans l'idée que ce n'était réellement pas de l'albite en voyant des cristaux parfaitement purs dans de gros fragments de l'andésite du Marmato près Popayan; ces cristâux pulvérisés avaient une densité de 2,7328 à la température de 15° R.

Cette densité paraissait donner à ce minéral une place auprès de l'oligoclase et du labrador, et y indiquer une plus grande quantité de chaux qu'il n'y en a dans l'albite à potasse du Drachenfels, dont la densité n'est que 2,6223 et dont lafusibilité est moindre.

L'analyse, faite sur 1gr.,194 de matière, a donné pour composition :

Silice.	0,709	59,60	30,96	
Alumine.	0,290	24,28	11,22	11,7
Peroxyde de fer.	0,019	1,58	0,48	
Chaux.	0,069	5,77	1,61	
Magnésie. . . .	0,013	1,08	0,37	3,79
Potasse.	0,013	1,00	0,16	
Soude.	0,078	6,53	1,65	
	1,191	99,92	1 : 3 : 8	

De là résulte pour formule : $\dot{R}^3 \dddot{S}^2 + 3\dddot{R} \dddot{S}^2$.

Ainsi ce minéral doit être placé entre le labrador et l'oligoclase dont la composition est très-peu différente; sous le rapport chimique ce bisilicate de $\dot{R}$ et $\dddot{R}$ forme un membre intermédiaire

dans la série des feldspaths; elle commence à l'anorthite par un protosilicate de $\dot{R}$ et $\dddot{R}$ et se termine à l'orthose par un trisilicate des mêmes bases. l'existence de cette variété de feldspath, analogue par la composition à la leucite, était à présumer, et je propose de l'appeler *Andésine* en raison de la roche où elle se trouve. Relativement à la fusibilité, l'andésine se rapproche beaucoup de l'oligoclase; elle fond comme lui en un verre laiteux, mais beaucoup moins poreux. L'albite fond beaucoup plus difficilement, n'a point un éclat aussi intense à la chaleur blanche, et fournit un verre transparent quoiqu'un peu poreux.

La densité de l'andésite de Popayan a *été trouvée* de 3,5924 à la température de 15° *R. La roche* contient avec l'andésite, de l'hornblende, du quartz, des traces d'épidote et de la pyrite de fer disséminée en parties très-fines.

Périklin de l'île de Pontellaria. — Parmi les roches si remarquables de l'île de Pontellaria qui ont été déposées au Muséum royal de Berlin, par feu le professeur Hoffman, les trachytes de la Montagna méritent une attention particulière. D'après les notices sur cette île, insérées dans les Annales de Pog. (vol. 24), on doit considérer cette montagne comme un dôme trachytique ayant fait éruption au point central de ce grand cratère de soulèvement qui forme tout le contour extérieur de l'île. Ce trachyte consiste presque exclusivement en une accumulation de cristaux de feldspath assez bien formés, d'une couleur brune, ayant une longueur de trois lignes et une épaisseur de 1 ligne, et paraissant enchâssés dans une masse cristalline d'un jaune sale. Les cristaux

sont simples et n'ont point cette forme de couple si caractéristique pour le feldspath vitreux. Ils se brisent facilement, présentent dans la cassure un éclat vitreux, et on y reconnaît l'angle du système des feldspaths prismatiques à base de parallélogramme. Les formes sont difficiles à déterminer, car il y a presque toujours plusieurs individus ensemble groupés irrégulièrement, et formant comme une masse confusément cristalline. Au chalumeau, ce feldspath fond facilement en un verre transparent, mais un peu bulleux.

La masse enveloppante fond aussi facilement en un globule magnétique, elle est tendre et d'une composition homogène. On y voit disséminées de petites parties d'obsidienne, noires, brillantes, à cassure conchoïde, et qu'on pourrait facilement prendre pour du fer magnétique. Cette substance pénètre aussi à l'intérieur des cristaux ; elle se reconnaît au microscope quand on les a pulvérisés, et elle donne une légère teinte grise à leur poussière. La densité est de 2,595 à 15° R.

2gr.,764 analysés ont donné les résultatssuivants:

Silice.	1,886	68,23	35,42	
Alumine.	0,506	18,30	8,54	8,84
Peroxyde de fer.	0,028	1,01	0,30	
Chaux.	0,035	1,26	0,35	
Magnésie. . . .	0,014	0,51	0,20	3,01
Potasse.	0,070	2,53	0,42	
Soude.	0,221	7,99	2,04	
	2,760	99,83	1 : 3 : 12	

En comparant ce feldspath avec celui d'Époméo, et surtout avec le feldspath vitreux, on trouve de très-notables différences : la proportion de la potasse à la soude est tout à fait changée.

Ici c'est la soude qui domine au lieu de la po-

tasse, et il y a un peu plus de silice : le point de fusion est aussi un peu plus haut pour le feldspath vitreux d'Époméo et des autres localités. La composition générale est si semblable au périklin analysé par Gmélin, malgré une pesanteur spécifique un peu moindre, que l'on ne doit pas hésiter à regarder ce minéral comme un véritable périklin dépendant de l'espèce albite.

La question de savoir si dans les feldspaths vitreux il y a une relation constante entre la potasse et la soude ne pourra être décidée que par des recherches comparatives faites sur une série très-nombreuse.

Adulaire du Saint-Gothard et feldspath de Bavéno. — L'importance d'une vérification consistant à s'assurer de la réunion constante de la potasse et de la soude dans la série des feldspaths, m'a fait désirer de connaître s'il y avait dans la nature un feldspath à potasse pur, ne contenant pas de soude, et quel genre de roche il caractérisait. Dans leurs recherches sur les feldspaths, les anciens analystes avaient pu négliger une petite quantité de soude d'autant plus aisément qu'une séparation exacte de la potasse et de la soude ne présentait point alors d'intérêt particulier; j'ai donc cru nécessaire de prendre pour objet de mes recherches les variétés de feldspath qui ont toujours été regardées comme les types les plus purs du feldspath à potasse.

J'ai choisi, dans ce but, l'adulaire du Saint-Gothard et le beau feldspath cristallisé de Bavéno. Comme j'avais surtout en vue la détermination précise des alcalis, j'ai doublé la quantité de matière employée ordinairement pour faire l'analyse, et j'ai attaqué par l'acide fluorhydrique dans un creuset de platine, en suivant la marche d'analyse

ordinaire : la silice a été dosée par différence, l'alumine a été redissoute encore humide, et après avoir décomposé le sulfate alcalin par de l'acétate de baryte, la potasse a été séparée par le chlorure de platine ; l'excès de ce dernier a été isolé par une légère calcination et au moyen de l'hydrogène sulfuré, et ensuite la soude a été dosée et reconnue comme soude de trois manières : 1° par l'examen au microscope ; on y a reconnu une agglomération de petit cubes comme le sel marin ; 2° par la coloration de la flamme du chalumeau ; 3° par la formation de cristaux de chlorure platinico-iodique dans la liqueur alcoolique abandonnée à l'évaporation spontanée.

La densité de l'adulaire a été trouvée de 2,5756 à 15° R.

L'analyse, faite sur 5gr.,728, a donné pour composition de l'adulaire du Saint-Gothard :

Silice.	65,69	34,12		
Alumine. . . .	17,97	8,39		
Peroxyde de fer.	traces	0		
Chaux.	1,34	0,37	2,99	1 : 3 : 12
Magnésie. . .	0,00	0		
Potasse. . . .	13,99	2,37		
Soude.	1,01	0,38		
	100,00			

L'analyse, faite sur 4gr.,399 de cristaux très-beaux de feldspath de Bavéno, a donné :

Silice.	65,72	34,13		
Alumine. . . .	18,57	8,67		
Peroxyde de fer.	traces	0		
Chaux.	0,34	0,08	2,78	1 : 3 : 12
Magnésie. . .	0,08	0,03		
Potasse. . . .	14,02	2,37		
Soude.	1,25	0,30		
	100,00			

La densité du feldspath de Bavéno pulvérisé est 2,5552.

Ces analyses ne doivent être considérées que comme le point de départ d'une longue série de recherches ayant pour but la solution de cette question relative aux alcalis ; cependant les résultats obtenus ici conduisent à la présomption très-vraisemblable qu'il n'y a d'orthôse sans soude dans aucune des formations plutoniennes qui nous sont connues ; il est probable aussi que l'albite contient une petite quantité de potasse, et que la leucite contient de la soude avec de la potasse. Ainsi la potasse et la soude appartiennent à cette classe de bases isomorphes qui paraissent ne jamais être complétement isolées dans les minéraux silicatés ; car dans des analyses qui n'étaient pas favorables à cette opinion, on a pu négliger de petites quantités de l'un ou de l'autre alcali, aussi bien que cela est arrivé pour l'adulaire du Saint-Gothard et l'orthôse de Bavéno.

Il paraît résulter de toutes les analyses citées dans ce mémoire, que la potasse, la soude, la chaux, et probablement aussi la magnésie, jouent également le rôle de bases isomorphes ; mais si l'on considère la différence des formes cristallines qui caractérisent l'adulaire, l'albite et l'anorthite, les trois types fondamentaux de la série des feldspaths, il faut avoir soin d'ajouter cette condition, que la potasse et la soude peuvent constituer un dimorphisme. Ce serait alors les proportions dans lesquelles ces deux éléments sont réunis comme trisilicates avec $\dddot{\overline{Al}}\,\dddot{S}^{3}$ qui détermineraient si le minéral doit cristalliser dans la forme de l'albite ou dans la forme de l'adulaire.

Il est bien possible que les faibles différences d'angles dans la forme du type fondamental, qu'on remarque dans le feldspath vitreux, soient dues à de petites oscillations dans la proportion du mélange.

Pour ce qui regarde la chaux, d'après la manière dont elle entre dans la composition de l'anorthite, du labrador et de l'albite, qui appartiennent à un même système cristallin, elle est caractérisée comme base isomorphe avec la soude. Le feldspath vitreux, caractérisé par sa constante proportion de soude et par des propriétés physiques particulières, doit être considéré, à cause du rôle qu'il joue en géologie, comme le plus important des membres intermédiaires de cette famille.

De même que le labrador distingue la classe des basaltes des roches volcaniques où le silicate de $\dddot{R}$ et le bisilicate et le trisilicate de $\dot{R}$ dominent, ainsi le feldspath vitreux caractérise la classe des trachytes où dominent les trisilicates de $\dddot{R}$ et $\dot{R}$, et la sépare des granites où le feldspath à potasse, avec l'amphibole, le quartz et le mica, reste comme élément essentiel, tandis que le feldspath vitreux marche avec le mica, l'amphibole et quelquefois l'augite.

L'opinion géologique d'après laquelle la véritable pierre ponce ne peut être associée qu'à des substances trachytiques, et non avec des basaltes ou dolérites, reçoit des considérations chimiques une pleine confirmation. Tous les trachytes, obsidiennes et pierres ponces que j'ai essayés, contiennent de la soude en excès. Dans la lave du Monte Nuovo, près Pouzzoles, qui a la véritable compo-

sition d'un phonolithe, le rapport de la soude à la potasse est 7,48 à 4,37; dans le Piperno des champs Flégréens, c'est 7,38 : 5,50; dans les éléments inattaquables par les acides de ces deux laves, c'est 5,98 : 3,67 et 6,85 : 5,64. On trouve le même rapport de la soude à la potasse dans l'obsidienne de l'île Procida, 6,09 : 4,35; dans celle de Ténériffe, 10,63 : 3,50; dans le trachyte qui contient de l'hornblende, le rapport est de 6,82 de soude pour 1,42 de potasse; dans la ponce de l'île d'Ischia et des champs Flégréens, le rapport est de 6,21 : 3,98.

Une modification du trachyte analogue à l'obsidienne paraît devoir précéder la formation de la ponce; ainsi le trachyte vitreux de M. *Beudant*, qui s'est formé probablement sous une *forte pression* par une altération des cristaux de feldspath vitreux, représente cette modification susceptible de réunir toutes les conditions favorables à la formation de la ponce; l'état fendillé du feldspath paraît résulter d'un tiraillement inégal partant de divers points de fusion. Quand, par un refroidissement lent, la masse d'obsidienne peut laisser cristalliser les éléments qu'elle renferme, alors le caractère fendillé du feldspath ne se verra que sur une plus petite masse, comme cela a lieu dans le trachyte compacte, le phonolithe. Quant au nouvel élément feldspathique que j'ai trouvé dans le trachyte des Siebengebirge, et qu'on peut regarder comme une combinaison d'un atome de feldspath à base de chaux, et d'un atome d'albite pure, il n'y a pas de doute qu'en considérant son importance géologique, on ne doive lui accorder un rôle égal à celui du feldspath vitreux. Il paraît associé avec l'hornblende et quelquefois avec le

quartz dans les roches ignées des Cordillières où il occupe une place très-étendue.

Dans le tableau ci-dessous, j'ai réuni tous les membres de la série des feldspaths connus jusqu'ici, avec les résultats de leurs analyses.

On peut aussi coordonner les différentes espèces minérales du genre feldspath, en se servant de leur pesanteur spécifique, caractère que M. Breithaupt a déjà proposé (Annales de Poggendorf, vol. 8, pag. 240) pour leur détermination.

DÉSIGNATION.	DENSITÉS.	PREMIER SYSTÈME CRISTALLIN DES FELDSPATHS. $\dddot{S}$	$\dddot{Al}$	$\dddot{Fe}$	$\dot{Ca}$	$\dot{Mg}$	$\dot{K}$	$\dot{N}$	PROPORTIONS D'OXYGÈNE. $\dot{R}$	$\dddot{R}$	$\dddot{S}$	FORMULES.
Anorthite.	2,7630	43,79	35,49	0,57	18,93	0,34	0,54	0,68	5,51 (1)	16,74 (3)	22,74 (4)	$\dot{R}^3\dddot{S}+3\dddot{R}\dddot{S}$
Labrador.	2,7140	53,48	26,46	1,60	9,49	1,74	0,22	4,10	6,58 (1)	12,87 (3)	27,77 (6)	$\dot{R}\dddot{S}+\dddot{R}\dddot{S}$
Andésite.	2,7328	59,60	24,21	1,58	5,77	1,08	1,08	6,53	3,79 (1)	11,70 (3)	30,96 (8)	$\dot{R}^3\dddot{S}^2+3\dddot{R}\dddot{S}^2$
Oligoclase (Berzélius).	2,6680	63,70	23,95	0,50	2,05	1,60	1,20	8,11	3,09	11,32	33,09	$\dot{R}\dddot{S}+\dddot{R}\dddot{S}^2$
Périklin (Gmélin). . .	2,5410	67,94	18,93	0,48	0,15	»	2,41	9,98	»	»	»	
Pontellaria.	»	68,23	18,30	1,01	1,26	0,51	2,53	7,99	3,01 (1)	8,84 (3)	35,43 (12)	
Albite à potasse. . . .	2,6223	70,22	17,29	0,82	2,09	0,41	3,71	5,62	2,85 (1)	9,16 (3)	36,47 (12)	$\dot{R}\dddot{S}+\dddot{R}\dddot{S}^3$
Albite (Rose).	2,6140	69,78	18,79	»	»	»	»	11,43	»	»	»	
DEUXIÈME SYSTÈME CRISTALLIN DES FELDSPATHS.												
Ryacolithe (Rose). . .	2,6180	50,31	29,44	0,28	1,07	0,23	5,92	10,56	4,09 (1)	13,84 (3)	26,14 (6)	$\dot{R}\dddot{S}+\dddot{R}\dddot{S}$
Feldspath vitreux. . .	2,5970 (Époméo.)	66,73	17,36	0,81	1,23	1,20	8,27	4,10	3,25 (1)	8,36 (3)	34,65 (12)	
Orthôse.	2,5756 (Adulaire.)	65,69	17,97	»	1,34	»	13,99	1,01	2,99 (1)	8,39 (3)	34,10 (12)	$\dot{R}\dddot{S}+\dddot{R}\dddot{S}^3$
	[illegible] (Baveno.)	[illegible]	18,57	traces	0,34	0,10	14,02	1,25	2,78 (1)	8,67 (3)	34,18 (12)	

En faisant une comparaison des proportions relatives des divers éléments qui constituent ces minéraux, et de la manière dont ces éléments augmentent ou diminuent, suivant les espèces, on est conduit à des résultats d'un haut intérêt minéralogique et géologique. Quelque importante que soit la division cristallographique de toute la série en deux classes naturelles, cependant cette circonstance ne peut être un élément de classification, puisque, sous le point de vue chimique, on ne trouve aucune cause bien certaine de cette différence. Mais il paraît plutôt qu'une espèce passe à une autre, de telle sorte que la différence spécifique se reconnaisse parfaitement dans la relation des quantités d'oxygène.

La relation atomique de 1 : 3 entre les quantités d'oxygène contenues dans $\dot{R}$ et $\dddot{\bar{R}}$ est le seul élément qui soit constant pour tous les membres de la série et qui puisse être regardé comme caractéristique du genre. Les proportions d'oxygène de la silice, qui vont en croissant à partir de l'anorthite, forment une série de cinq membres qui représentent autant d'espèces déterminées. La potasse domine dans les feldspaths les plus silicatés, appartenant aux roches plutoniques, tandis que, dans les combinaisons moins silicatées qui caractérisent les roches volcaniques, elle est remplacée par de la soude et de la chaux.

Une autre remarque non moins importante est que la pesanteur spécifique va en augmentant avec la quantité de chaux et d'alumine, à mesure que la silice diminue.

Dans une étude sur la nature chimique des roches cristallisées, il serait important de rechercher si l'on ne trouverait pas entre les roches

plutoniennes et volcaniques des traits de séparation aussi précis que ceux du genre feldspath.

En coordonnant les feldspaths d'après l'augmentation de la pesanteur spécifique, à mesure que la proportion de silice diminue, on pourrait peut-être en déduire une échelle pour l'histoire de la formation de la terre.

Les roches cristallines contenant, comme élément essentiel, un trisilicate de $\dot{R}$ et $\dddot{R}$ pourraient être nommées roches *primitives ;* celles qui contiennent du quartz s'appelleraient *primitives plutoniennes*, et celles qui sont privées de quartz, *primitives volcaniques*.

Il est certain que les roches de la première espèce ne se renouvellent plus à la *surface de la terre*, et on est conduit à supposer qu'il y a des sphères situées à une plus grande profondeur vers le centre de la terre, où l'état de fusion se conserve toujours, et où les roches plutoniennes, plus riches en silice, forment en partie la matière des produits volcaniques actuels, qui sont beaucoup moins silicatés. Si l'on parvenait à trouver des traits de séparation entre les produits plutoniens et volcaniques, on pourrait espérer de former deux séries différentes de roches, dont il serait intéressant de comparer les différents membres.

---

19. *Analyse du* PHONOLITHE *de Marienberg, en Bohême ;* par M. Mayer. (An. de Pog., t. 49, p. 191.)

Ce phonolithe renferme 0,37471 de parties solubles dans les acides, et 0,62529 de parties insolubles, composées comme il suit :

	P. solubles.	P. insolubles.
Silice.	0,16204	0,61184
Alumine.	0,07869	0,19362
Oxyde ferrique. . .	0,02929	0,01351
Chaux.	0,01119	0,01781
Magnésie.	»	0,01773
Soude.	0,02665	»
Potasse.	0,00013	0,14649
Eau.	0,04993	
	0,62529	1,00000

20. *Analyse du* PHONOLITHE *de Whisterschan, près de Tœplitz;* par M. Redten Bacher. (An. de Pog., t. 48, p. 491.)

Ce phonolithe renferme 0,48969 de parties solubles dans les acides, et 0,51031 de parties insolubles, composées comme il suit :

	P. solubles.	P. insolubles.
Silice.	0,41220	0,66961
Alumine.	0,29238	0,18937
Oxyde ferreux. . .	0,02497	
Oxyde manganeux.	0,00638	
Magnésie.	0,01261	0,01498
Chaux.	0,01034	0,00340
Potasse.	0,03557	0,04932
Soude.	0,12108	0,06324
Oxyde cuivrique. .	0,00025	
Eau.	0,06558	
	0,98136	0,98992

21. *Analyse du* PORPHYRE *de Kreutznach*, par M. Schweitzer. (J. d'Erd., t. 22, p. 155.)

Le porphyre de Kreutznach consiste en une pâte qui passe du rouge au gris, et qui renferme

des cristaux prismatiques très-petits de feldspath, des cristaux transparents de quartz gris et quelques parcelles de talc micacé d'un brun de tombac. Je l'ai trouvé composé de :

Silice.	0,7050
Alumine.	0,1350
Oxyde ferrique. . . .	0,0550
Chaux.	0,0025
Magnésie.	0,0040
Potasse.	0,0550
Soude.	0,0355
Chlore.	0,0010
Eau.	0,0077
	1,0007

Le chlore y est à l'état de combinaison avec du potassium, du sodium, du calcium et du magnésium, et tous ces chlorures se séparent en totalité de la roche par le simple lavage avec de l'eau.

0,100[g] de ces chlorures m'ont donné à l'analyse

Chlorures de potassium et de sodium.	0,068
Chlorure de calcium.	0,020
Chlorure de magnésium.	0,012

---

22. *Analyse du* BASALTE *de Stolpen;* par M. Sinding. (An. de Pog., t. 47, p. 182.)

Ce basalte renferme 0,57775 de parties solubles dans les acides, et 0,42225 de parties insolubles, composées comme il suit :

	P. solubles.	P. insolubles.
Silice.	0,39920	0,5262
Alumine.	0,21266	0,1193
Oxyde ferrique. .	0,17750	0,1063
Chaux.	0,07857	0,1549
Magnésie.	0,04379	0,0826
Soude.	0,05279	
Potasse.	0,02795	
Perte au feu. . . .	0,02490	
	1,01736	0,9893

---

23. *Analyse de* L'ÉLÉOLITHE; par MM. Scheerer et Bromeis. (An. de Pog., t. 46, p. 291.)

M. Scheerer a analysé l'éléolithe de Brevig, en Norwége, et M. Bromeis celle du mont Ilmen. Leurs analyses ont donné :

	Scheerer.	Bromeis.
Silice.	0,4415	0,4242
Alumine.	0,3192	0,3406
Soude.	0,1571	0,1513
Potasse.	0,0517	0,0643
Chaux.	0,0028	0,0033
Magnésie.		0,0061
Oxyde ferrique. .	0,0110	
Eau.	0,0207	0,0092
	1,0040	0,9990

M. Scheerer adopte la formule $(N,K)S^{1\frac{1}{3}}+3AS$; mais M. Bromeis trouve que la formule $(N,K)S + 3AS$, admise jusqu'à présent, répond beaucoup mieux aux résultats des analyses.

---

24. *Analyse de différents* MICAS; par M. Svan-

berg. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 131.)

L'analyse de huit micas, dans laquelle on a eu soin de doser le fluor aussi exactement que possible, a donné les résultats suivants :

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Silice.	42,585	47,973	35,759	42,464	44,407	39,446	71,16[illegible]	[illegible]
Alumine.	21,677	31,690	13,034	12,862	16,856	9,270	13,303	[illegible]
Oxyde ferrique. . .	10,394	5,367	»	»	»	35,581	4,977	[illegible]
Oxyde ferreux. . .	»	»	6,342	7,105	20,710	1,449	»	[illegible]
Magnésie.	10,268	»	29,272	25,388	11,259	3,288	4,661	[illegible]
Oxy le manganique.	»	1,674	»	»	»	»	»	[illegible]
Oxyde manganeux.	0,752	»	1,643	1,063	0,457	2,573	»	[illegible]
Chaux.	0,257	»	»	»	0,901	0,310	»	[illegible]
Potasse.	8,452	8,312	2,068	6,031	4,050	5,063	3,528	[illegible]
Eau.	3,350	3,316	11,764	3,170	1,131	1,831	1,29[illegible]	[illegible]
Fluor.	0,509	0,719	0,643	0,619	0,411	0,292	0,571	[illegible]
Calcium.	0,557	0,351	»	0,102	0,431	0,320	0,626	[illegible]
Magnésium.	»	»	0,458	0,356	»	»	»	[illegible]
	98,801	99,402	100,665	99,160	101,603	99,587	100,12[illegible]	[illegible]

(1) Mica de Pargas, en Finlande. (2) Mica de Brodbo. (3) Mica de Taberg en Wermland, confondu avec la chlorite à cause de ses grandes lames et de sa belle couleur verte. (4) Mica de Sala, dit chlorite à grandes lames. (5) Mica de Rosendal, près de Stockholm. (6) Mica d'Aborrfors, en Finlande. (7) Mica d'Iviken, en Dalécarlie. (8) Mica (pihtite) de Brottstod, près de Sala.

Il est évident qu'une même formule ne peut pas représenter la composition de ces différents micas. Il est probable que ces minéraux sont des composés d'autres minéraux que l'on trouve à

l'état isolé, tels que l'oligoklas, la parenthine et le péridot, unis en proportions variées.

---

25. *Analyse du* PÉTALITE *et du* TRIPHANE; par M. Hagen. (An. de Pog., t. 48.)

Ces minéraux sont composés comme il suit :

	Pétalite.	Triphane.
Silice.	0,77812	0,66136
Alumine.	0,17194	0,27024
Lithine.	0,02692	0,03836
Soude.	0,02302	0,02683
Oxyde ferrique. .	»	0,00321
	1,00000	1,00000

Ce qui conduit à la formule $(L, N) S^4 + 4 A S^4$, pour le pétalite, et à la formule $(L, N) S^4 + 4 A S^2$, pour le triphane.

Le triphane de Sterling, dans le Massachusset, et celui de Radschinsk en Tyrol, ont une composition qui s'accorde exactement avec cette formule.

---

26. *Sur le* PLATRE *des environs de Paris*, par M. P. Berthier.

J'ai examiné le plâtre cru et le plâtre cuit provenant des carrières de Pantin, et de l'ancienne abbaye située à Montmartre.

Il y a à Pantin deux bancs de plâtre que l'on exploite séparément. Le banc supérieur est assez homogène et produit cependant le plâtre le moins bon. Le banc inférieur, dont l'épaisseur est de 7 à 8 mètres, donne du plâtre qui passe pour être de meilleure qualité pour une foule d'usages.

La pierre du banc supérieur est saccaroïde et d'un blanc un peu jaunâtre. Un échantillon, récemment cuit, retiré encore chaud du four, et analysé immédiatement, a été trouvé contenir 0,020 de carbonate de chaux, et 0,085 d'eau.

Le banc inférieur présente de distance en distance des zones de gypse à grandes lames, qui porte dans le pays le nom de *miroir d'âne*. Dans les fourneaux de calcination, ces lames ne perdent ni leur transparence ni leur éclat nacré, et elles semblent n'éprouver aucune altération. On a trouvé dans un morceau de la masse saccaroïde, dont on avait séparé avec soin le gypse laminaire :

Carbonate de chaux.	0,034
Eau.	0,215

La pierre de la même espèce, après la calcination en grand, contient :

Carbonate de chaux.	0,040
Eau.	0,046

Le plâtre laminaire, pris au milieu des morceaux de plâtre cuit, perd 0,212 d'eau par la calcination à la chaleur rouge, et ne renferme pas la plus petite trace de carbonate de chaux. Ce fait singulier, qui montre que le gypse laminaire n'éprouve pas la moindre altération à une température qui suffit pour enlever toute l'eau au plâtre saccaroïde, prouve qu'il doit y avoir une différence essentielle de constitution entre les deux substances, quoiqu'elles renferment toutes les deux la même quantité d'eau.

Au milieu de la grande masse de Pantin, il y a un banc de plâtre de 0m,50 d'épaisseur, qui est exploité exclusivement pour l'usage des figuristes. Ce plâtre est saccaroïde comme celui qui l'en-

toure, mais il en diffère par son peu de dureté; on le réduit en poudre fine sous le pilon, avec la plus grande facilité, et c'est probablement à cause de cela que les figuristes le préfèrent à tout autre; il contient :

Carbonate de chaux......	0,050
Eau...............	0,212

La pierre à plâtre des carrières de l'ancienne abbaye est renommée pour sa bonne qualité; elle est saccaroïde, et contient :

Carbonate de chaux......	0,030
Eau...............	0,217

Le plâtre cuit, pris encore chaud dans lés fours, ne retenait que 0,02 à 0,03 d'eau. Cependant, dans du plâtre frais en poudre fourni par un architecte, il s'en est trouvé 0,088, et la proportion du carbonate de chaux était de 0,036.

Lorsqu'on garde pendant longtemps du plâtre cuit en tas, à l'air, ou dans des vases mal bouchés, il s'*évente*, c'est-à-dire qu'il perd de sa qualité. Il paraît que cela provient de ce qu'il absorbe peu à peu de l'eau atmosphérique; car j'en ai trouvé 0,124 dans un plâtre donné comme éventé par un constructeur. Cependant, cette absorption ne s'effectue que très-lentement, puisque ayant laissé exposé à l'air libre dans une chambre sans feu, pendant un mois, du plâtre grossièrement concassé, son poids n'a augmenté que de 0,01 à 0,025 tout au plus.

La cuisson du plâtre ne fait éprouver aucune altération au carbonate de chaux qu'il contient, et l'on a peine à croire que la présence de cette substance influe sur les qualités de la matière; cependant, il ne serait pas impossible qu'il se formât

par la cuisson des sels doubles de chaux, qui se distinguassent du sulfate de chaux pur par des propriétés spéciales. Pour résoudre cette question, il serait nécessaire d'analyser comparativement un grand nombre de plâtres dont les qualités fussent très-précisément déterminées.

Quand on gâche le plâtre pour l'employer, il absorbe de l'eau en s'échauffant sensiblement, et j'ai constaté, par l'analyse d'un échantillon provenant de la salle provisoire de la chambre des pairs, que la proportion absorbée est exactement la même que celle que renferme le gypse cristallisé.

La pierre à plâtre commence à devenir rare aux environs de Paris; les constructions en absorbent une quantité immense, et chaque jour il s'en perd une masse très-considérable par les démolitions. Ce serait faire une chose utile à la société, et ce serait probablement aussi faire une spéculation avantageuse, que de recueillir journellement tous les vieux plâtres, et de les calciner comme de la pierre vierge pour les employer de nouveau. On prétend, à la vérité, qu'ils ne produiraient que de mauvais plâtres; mais cette assertion n'est appuyée sur aucun fait bien constaté, et il y a d'autant moins lieu de s'y arrêter, que nous savons que les anciens avaient une opinion toute contraire. Effectivement Théophraste dit expressément (*Traité des pierres*, Paris, 1754, chez Jean-Thomas Hérissant, § 115): « On peut séparer le plâtre des bâtiments, et le brûler une seconde fois pour l'employer de nouveau. »

Le plâtre recuit aurait peut-être une densité un peu moindre que le plâtre neuf, et peut-être aussi ne gonflerait-il pas par l'extinction; mais cela ne

pourrait évidemment pas empêcher de l'employer pour une foule d'usages. En tous cas, il serait fort désirable que l'on en fît l'essai en grand. Un tel essai ne présenterait aucune difficulté, et n'occasionnerait que de très-faibles dépenses.

---

27. *Analyse de l'*ARAGONITE PLOMBIFÈRE; par MM. Bœttger et Kerston. (An. de Pog., t. 37 et 38.)

M. Bœttger a trouvé 0,0386 d'oxyde de plomb dans l'aragonite de Tarnowitz, en Silésie; et M. Kersten 0,0219; mais elle ne renferme pas trace de strontiane. Sa p. sp. est de 2,99.

---

28. *Analyse d'une* POUZZOLANE *d'Alger*, par M. P. Berthier.

On exploite auprès d'Alger, dans le ravin de Bab-el-Oued, une terre marneuse que l'on emploie habituellement à la fabrication des briques; mais depuis la conquête, M. Raffeneau de Lile, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, a eu l'idée d'en faire de la pouzzolane, en la faisant cuire à un degré convenable, et il a obtenu un plein succès.

J'ai examiné la terre crue, la terre cuite à l'état de brique, et la terre calcinée au point où elle devient pouzzolane énergique.

La terre crue est en morceaux consistants d'un gris peu foncé, à grains très-fins et parfaitement homogènes à l'œil; elle se délaye promptement dans l'eau, et humectée à un certain point, elle est

très-plastique. Par lévigation on en sépare une petite quantité de quartz blanc et quelques fragments de minerai de fer ; mais il reste du sable excessivement ténu dans la matière lévigée. Cette terre contient :

Carbonate de chaux. . .	0,405
Argile et quartz.	0,510
Oxyde de fer.	0,040
Eau.	0,045
	1,000

Les briques fabriquées en grand à Alger, avec la terre de Bab-el-Oued, sont d'un blanc très-pâle, elles ont une assez forte consistance, sans être d'une grande dureté ; elles ne perdent rien par la calcination ; l'eau ne les désagrége *aucunement*. Lorsqu'on les traite par l'acide acétique bouillant, la liqueur se colore en rouge, et le résidu non attaqué, qui a le même aspect que la matière brute, pèse 0,70 ; la liqueur donne par l'ammoniaque un précipité pesant 0,84, et qui consiste en alumine fortement colorée par de l'oxyde de fer.

Par l'acide muriatique, la matière est immédiatement attaquée avec production d'une vive chaleur : le résidu insoluble pèse 0,45, et, traité par la potasse caustique, il laisse dissoudre 0,315 de silice : la partie non dissoute est essentiellement quartzeuse.

L'analyse donne :

Silice.	0,315
Alumine.	0,130
Chaux.	0,360
Sable non soluble. . . .	0,135
Oxyde de fer.	0,060
	1,000

La faible coloration de la brique et la manière dont elle se comporte avec l'acide acétique prouve que le peroxide de fer qu'elle contient n'y est pas libre, mais qu'il s'y trouve combiné avec la silice, comme l'alumine et la chaux.

La marne amenée par la cuisson à l'état de pouzzolane est d'un rouge qui tire sur la couleur du saumon cuit; elle s'écrase très-facilement sous le choc, mais elle ne fait plus pâte avec l'eau. Par une forte calcination, elle laisse dégager 0,19 d'acide carbonique, et elle perd sa couleur. Elle fait une vive effervescence avec les acides : traitée par l'acide acétique, le résidu, d'un rouge assez foncé, pèse 0,52, et la liqueur, précipitée par l'ammoniaque, donne 0,025 d'alumine presque pure. Cela montre que l'oxyde de fer ne se trouve dans la pouzzolane qu'à l'etat de simple mélange.

En faisant bouillir la matière pendant longtemps avec de l'acide muriatique, on la décolore complétement, et l'on trouve qu'elle est composée de :

Silice	0,160
Alumine	0,080
Peroxyde de fer	0,050
Sable et argile	0,220
Acide carbonique	0,190
Chaux (par différence)	0,300
	1,000

Les 0,19 d'acide carbonique équivalent à 0,43 de carbonate de chaux; il reste par conséquent, dans la matière, 0,06 de chaux, qui doivent s'y trouver combinés avec 0,16 de silice et 0,08 d'alumine, pour donner naissance à 0,30 de silicate double.

Ainsi, le degré de cuisson qui convient pour

transformer la marne en pouzzolane, est celui qui dégage toute l'eau de l'argile, et qui commence à peine à opérer la décomposition du carbonate de chaux. A cet état, plus des trois quarts de l'argile sont devenus attaquables par les acides, peut-être à raison de la petite quantité de chaux qui a été mise en liberté.

---

29. *Analyse du* SILICATE DE CHAUX *d'Edelforss en Smoland*; par M. Hisinger. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 124.)

Ce minéral est d'un blanc grisâtre, *opaque*, à cassure grenue brillante. Il ne fait *pas feu au briquet*. Sa p. sq. est de 2,584. Au chalumeau il fond en une pâte incolore. Il est composé de :

Silice.	0,5775
Chaux.	0.3016
Magnésie.	0,0475
Alumine.	0,0375
Oxyde ferrique. . . .	0,0100
Oxyde manganique. .	0,0065
	0,9806

C'est un mélange de CS^3 et de $(M, F) S + AS$.

---

30. *Sur la composition de la* BATRACHITE, par M. Rammelsberg. (Ann. de Pog., 1840, p. 446.)

Ce minéral vient de Rizonibeig dans le Tyrol méridional; il a été décrit dans le *Volstandigen charakteristik mineral systems* de Breithaupt qui lui a donné le nom de batrachite, à cause de l'analogie de sa couleur avec celle du frai de gre-

nouilles. La batrachite est fusible au chalumeau ; elle se dissout dans le sel de phosphore en laissant un squelette de silice ; avec la soude elle donne un bouton opaque ; elle n'est point attaquable par les acides.

L'analyse de ce minéral a donné :

		Oxygène.	
Silice.	37,69	19,58	
Chaux.	35,45	9,96	
Magnésie.	21,79	8,43	9,11
Protoxyde de fer.	2,99	0,68	
Eau.	1,27		

C'est donc un silicate tribasique de chaux, magnésie et protoxide de fer, dans lequel les deux premières terres entrent atome à atome, une petite quantité de la seconde étant remplacée par du protoxyde de fer.

La formule du silicate est la suivante :



$$\dot{C}^3 \dddot{S} + (\dot{M}g, \dot{F}e)^3 \dddot{S}.$$

---

31. *Analyse de l'*ÉPIDOTE MANGANÉSIFÈRE *du Piémont*; par M. Sobrero. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 129.)

L'analyse a donné :

Silice.	0,3786
Chaux.	0,1342
Oxyde manganeux. . .	0,0482
Oxyde ferreux.	0,0741
Alumine.	0,1630
Oxyde manganique. .	0,1896
Oxyde stannique. . .	0,0040
	0,9917

e qui conduit à la formule (C, F, M)S+2 (A, M)S,

et fait voir que le manganèse remplace la chaux à l'état d'oxyde manganeux, et l'alumine à l'état d'oxyde manganique.

Pour reconnaître à quel degré le manganèse se trouve dans un minéral, il y a un moyen très-simple, qui consiste à attaquer ce minéral par l'acide fluorhydrique qui produit constamment un fluorure correspondant à l'oxyde. Avec l'oxyde manganeux, on a une masse blanche ou rosée peu soluble dans l'acide, tandis qu'avec l'oxyde manganique on obtient un composé très-soluble qui est d'un rouge foncé à l'état de dissolution, et qui fournit des cristaux noirâtres par l'évaporation de l'excès d'acide.

Il y a de l'étain dans toutes les épidotes : celle de Finlande en renferme près de 0,01.

---

32. *Sur la magnésie hydratée de l'île d'Unst*, par M. Necker. (Bibliot. de Gen., tom. 27, p. 371.)

J'ai trouvé la magnésie hydratée en cristaux bien déterminés, à l'île d'Unst, qui est la plus septentrionale des Shetland. Ces cristaux, qui sont fort petits, sont des prismes hexaèdres réguliers en lames minces annulaires ou modifiées par une face très-surbaissée, qui remplace les arêtes terminales.

---

33. *Sur les* AGALMATOLITHES *et sur la composition d'une pierre statuaire chinoise*, par M. Wackenroder. (J. d'Erd., t. 22, p. 8.)

On donne le nom d'agalmatolithes, pierres que

l'on emploie en Chine pour faire des statuettes, etc., à des minéraux très-différents les uns des autres. Les pierres analysées par Vauquelin, Klaproth, John et Gmélin, sont essentiellement composées de silicates hydreux d'alumine et de potasse. Lichnell en a analysé une qui ne renfermait que de la silice, de l'alumine et un peu d'eau. Holger a trouvé dans un échantillon qu'il vient d'analyser :

Silice.	0,610
Magnésie.	0,254
Alumine.	0,050
Chaux.	0,030
Oxyde ferreux.	0,043
Oxyde de manganése. . .	0,009
	0,996

Une variété d'agalmatolithe couleur fleur de pêcher, provenant d'un fragment de pagode chinoise, m'a donné, à l'analyse :

Silice.	0,61967
Magnésie.	0,33029
Oxyde ferrique.	0,00740
Eau.	0,03478
	0,99214

ce qui correspond à la formule $5\,(\dot{M}g\,\dddot{S}i)' + (\dot{M}g\,Aq)$.

Ce minéral noircit au chalumeau, parce qu'il renferme une petite quantité de matière organique. Sa p. sp. est de 2,747. Il est compacte, à cassure inégale, doux au toucher, et fortement translucide dans les éclats minces.

34. *Analyse du* SCHISTE CHLORITEUX *de Pfitsch, en Tyrol.* (An. de Pog., t. 48, p. 189.)

L'analyse a donné :

Silice.	0,3154
Magnésie.	0,4154
Oxyde ferrique. .	0,1018
Alumine.	0,0514
Eau.	0,0932
	0,9802

35. *Analyse de la* PIÉRAPHYLLE *de Sala, en Suède*; par M. Svanberg. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 120.)

Ce minéral est amorphe, à texture feuilletée, d'un gris verdâtre foncé. Sa p. sq. est de 2,75. Il est composé de :

Silice.	0,4980
Magnésie.	0,3010
Oxyde ferreux. . .	0,0686
Chaux.	0,0078
Alumine.	0,0111
Eau.	0,0983
	0,9848

Sa formule est 3 (M, F) $S^2 + 2$ Aq.

36. *Analyse de l'*HYDROPHITE *de Taberg en Smoland*; par M. Svanberg. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 119.)

Ce minéral est amorphe, tendre, à cassure inégale, d'un vert de montagne. Sa p. sq. est de 2,65. Il est composé de :

Silice.	0,36193
Oxyde ferreux. . . .	0,22729
Oxyde manganeux. .	0,00166
Magnésie.	0,21082
Alumine.	0,02895
Acide vanadique. . .	0,00115
Eau.	0,16080
	0,99860

Sa formule est $(M, F)S^2 + 2(M, F)S + 3Aq$.

---

37. *Recherches sur la* BORACITE, par M. Rammelsberg. (Ann. de Pog., t. 49, p. 445.)

En attaquant la boracite par un mélange de spath fluor et d'acide sulfurique, Arfwedson y a trouvé :

Acide borique.	0,697
Magnésie.	0,303
	1,000

ce qui correspond presque exactement à la formule $\dot{Mg}^3 \dddot{B}^4$.

Les nombres exacts seraient :

Acide borique. . . .	0,6924
Magnésie.	0,3076

Mais, comme cette formule se rapporte à une composition que l'on n'a pas encore obtenue dans les sels qui renferment un acide à trois atomes d'oxygène, il restait quelque incertitude sur l'exactitude de l'analyse d'Arfwedson.

J'ai refait cette analyse en substituant l'acide hydro-fluorique et l'acide sulfurique au mélange de spath fluor et d'acide sulfurique, et j'ai obtenu absolument les mêmes résultats, en opérant sur deux variétés de boracite de Leimberg, très-différentes l'une de l'autre par l'aspect. On doit donc

admettre qu'Arfwedson en a fait connaître la véritable composition.

Pour expliquer l'anomalie que présente la composition de ce minéral, on peut le considérer comme résultant de la combinaison de deux autres sels dont l'existence isolée a été constatée dans les laboratoires $\dot{Mg}\dddot{B}$ et $\dot{Mg}^2\dddot{B}^3$: alors la formule serait $\dot{Mg}\ \dddot{B} + \dot{Mg}^2\dddot{B}^3$, au lieu de $\dot{Mg}^3\ \dddot{B}^4$. Une semblable combinaison n'aurait rien de plus extraordinaire que celle de l'oxyde de fer magnétique, par exemple, dans lequel le rapport d'oxygène, que renferment les deux oxydes qu'il contient est de 4 à 3, non plus que celle de *plusieurs* sulfures métalliques doubles, etc.

---

38. *Sur l'*HYDRARGILITHE *d'Achmatowsk, près Slatoust en Sibérie;* par M. G. Rose. (An. de Pog., t. 48.)

L'hydrargilithe se trouve sous la forme de prismes à six pans, terminés par une seule face et dont les arêtes sont remplacées par les faces d'un autre prisme hexagonal. Elle est moins dure que le spath calcaire. Au chalumeau, dans le tube de verre, elle donne de l'eau pure. Ce minéral paraît être un hydrate d'alumine, ne contenant ni fluor ni acide phosphorique.

---

39. *Analyse de l'*ANDALOUZITE *et de la* CHIASTOLITHE; par M. Bunsen. (An. de Pog., t. 47, p. 186.)

Ces deux minéraux sont identiques, et ont pour formule $A^4\ S^3$.

L'andalouzite de Liseus est cristallisée en petits prismes rhomboédriques, dont les angles sont de 88°,40 et 91°,20 et qui se laissent cliver parallèlement aux faces latérales. Leur cassure est éailleuse, anguleuse, et a l'éclat vitreux. Ils ont une couleur fleur de pêcher qu'ils doivent à une petite quantité d'acide manganique. Leur p. sq. est de 3,1458.

La chiastolithe de Lancastre est cristallisée en prisme dont les angles sont de 89°,35 et 90°,25.

---

40. *Analyse d'un* PHOSPHATE D'ALUMINE PLOMBIFÈRE *de Rosières* (département du Tarn), par M. P. Berthier.

La mine de Rosières est une mine de cuivre, qui a donné lieu, à une époque fort ancienne, à des exploitations considérables. Elle est située à 1 kilomètre à l'est de Carmeaux. Selon M. Boisse, qui a recueilli le minéral dont il est question dans cet article, cette mine consiste en un filon de quartz parfaitement réglé, de 4 à 4 m. 50 de puissance, dans lequel le minerai forme des amas isolés ou liés entre eux seulement par des veines minces. Ce filon est encaissé dans un gneiss à grains fins, qui est lui-même imprégné de cuivre jusqu'à la distance de plusieurs mètres des parois. Les espèces principales que l'on trouve dans la mine sont le cuivre carbonaté vert et bleu, le cuivre oxydulé, le cuivre sulfuré, le cuivre gris, le cuivre silicaté, et le molybdène sulfuré. Le phosphate d'alumine n'y a jamais été observé : et c'est seulement dans les anciennes galeries d'exploitation qu'on le rencontre; il se présente sous forme

de stalactites adhérentes aux parois de ces galeries; on ne saurait douter, d'après cela, que sa production ne soit toute récente.

L'échantillon qui a été examiné avait trois ou quatre centimètres de diamètre : il avait dû être fort long; mais la stalactite avait été cassée, et sa longueur était réduite à 1 décimètre. La masse centrale, sur un diamètre de 1 à 2 décimètres, est d'un jaune d'ocre très-pâle, un peu poreuse, et à cassure matte et grenue. Vient ensuite une couche de 5 millimètres d'épaisseur, qui est compacte, à cessure inégale, luisante, d'un brun de résine pâle, et qui ressemble effectivement *beaucoup* à une résine. Enfin, la stalactite est enve*loppée de* couches successives et mal tranchées, *d'une ma*tière jaune verdâtre, à cassure grenue, terreuse, et qui devient d'un vert de cuivre pur à la surface. Toutes ces substances sont très-tendres et se réduisent en poudre sous le pilon avec la plus grande facilité.

Les parties vertes ou verdâtres sont des mélanges en proportions très-variables du minéral de la partie jaune et d'un arséniate de cuivre très-basique, et contenant au moins 0,25 d'eau.

La partie jaune se compose uniquement de phosphate d'alumine et de phosphate de plomb; mais il s'y mêle toujours, quelque soin que l'on prenne, de petits fragments d'arséniate de cuivre, qui proviennent de la croûte extérieure.

Chauffée dans un tube de verre, elle laisse promptement dégager de l'eau, qui est parfaitement neutre et qui n'agit aucunement sur le verre; la matière devient dure, sans se fondre ni changer de forme. Lorsque ensuite on la grille à l'air, elle perd sa couleur noire, qu'elle devait à un mé-

lange de charbon, et elle devient d'un blanc un peu grisâtre.

Elle est très-facilement attaquée par les acides nitrique, muriatique et sulfurique, ainsi que par la potasse liquide. Avec l'acide nitrique, la dissolution est complète, sauf un résidu insignifiant de silice; et si l'on rapproche beaucoup la dissolution, il s'y fait un dépôt cristallin de nitrate de plomb. Avec l'acide muriatique, il se dépose du chlorure de plomb, que l'on peut recueillir en totalité à l'état de pureté, en enlevant toutes les autres substances à l'aide de l'alcool. Avec l'acide sulfurique, tout le plomb reste indissous à l'état de sulfate. Quand on emploie la potasse liquide, le résidu ne pèse que 0,04 environ et consiste en un mélange d'oxyde de plomb et d'oxyde de cuivre; la liqueur a une couleur jaunâtre, peu foncée, qu'elle doit à la matière organique que renferme le minéral. Lorsqu'on la sursature d'acide et qu'on la précipite ensuite par l'ammoniaque, il se fait un dépôt volumineux qui est d'un blanc azuré et qui conserve cette couleur après la calcination. En redissolvant ce dépôt dans un acide, on trouve, au moyen de l'hydrogène sulfuré, que la liqueur renferme du plomb et une certaine quantité de cuivre.

Le minéral perd par calcination et grillage, 0,38 de son poids, et après qu'il a subi cette opération, il se dissout tout aussi aisément dans les acides qu'à l'état naturel. Il ne renferme ni chlore, ni fluor, ni acide sulfurique, ni chaux. Pour l'analyser, d'une part, j'en ai traité 2 grammes par l'acide sulfurique; j'ai recueilli le sulfate de plomb; j'ai précipité le phosphate d'alumine (qui a entraîné tout le cuivre) par l'ammoniaque employée

en léger excès ; il a pesé 0,95 ; après quoi j'ai dosé l'acide phosphorique et l'acide arsénique dans la liqueur, par le moyen du fer ; j'en ai trouvé 0,08 gr. D'un autre côté, j'ai traité deux autres grammes du minéral par l'acide sulfurique ; j'ai séparé le sulfate de plomb ; j'ai ajouté une certaine quantité d'ammoniaque à la liqueur, mais de manière à la laisser très-acide ; je l'ai rapprochée jusqu'à cristallisation ; et, au moyen de l'alcool ordinaire, j'ai séparé l'alun ammoniacal qui s'est formé, ainsi que le sulfate de cuivre. En calcinant ces sels à la chaleur blanche, j'ai eu 0,51 gr. d'alumine très-légère, qui était colorée en bleu pâle et en gris par l'oxyde de cuivre. En saturant ensuite la liqueur d'ammoniaque, et la faisant bouillir, il s'en est précipité 0,024 gr. de phosphate d'alumine, qui représentent à peu près 0,019 d'alumine. L'oxyde de cuivre a été recherché dans l'alumine, en dissolvant cette terre dans un acide et précipitant par l'hydrogène sulfuré. Le résultat définitif a été :

Alumine.	0,230
Oxyde de plomb.	0,100
Oxyde de cuivre.	0,030
Acide phosphorique contenant une petite quantité d'acide arsénique.	0,255
Eau et matière organique. .	0,280
	0,995

Il est indubitable, d'après cette analyse, que le phosphate d'alumine, qui constitue le minéral de Rosières, est identique avec le phosphate de la Wawellite $\ddot{A}l^4 \dddot{P}^3$, composé de :

Alumine.	0,49
Acide phosphorique.	0,51

Et, en même temps, tout porte à croire que le plomb s'y trouve à l'état de phosphate $\dot{Pb}^3 \dddot{P}$, contenant 0,1758 d'acide phosphorique, qui se trouve dans la nature combiné avec des chlorures et des fluorures. En effet, dans cette supposition, les 0,230 d'alumine prennent 0,240 d'acide phosphorique, et les 0,13 d'oxydes de plomb et de cuivre 0,027 d'acides phosphorique et arsénique; total : 0,267. A la vérité, l'analyse n'en donne que 0,255, et l'ammoniaque n'a précipité de la dissolution sulfurique du minéral que 0,475 de phosphates d'alumine et de cuivre, au lieu de 0,50 qu'elle aurait dû fournir. Mais, d'une part, il est probable que l'alumine, à l'état d'alun, a retenu un peu d'acide phosphorique, ce qui en atténue la proportion, et, par suite, la proportion d'acide nécessaire pour la saturer; et, d'un autre côté, comme après la précipitation du phosphate d'alumine par l'ammoniaque, de la dissolution sulfurique du minéral, il est resté dans la liqueur 0,04 d'acide phosphorique, qui dépasse la quantité nécessaire pour saturer l'oxyde de plomb, il faut nécessairement que ce sel ait éprouvé un commencement de décomposition par l'ammoniaque, ce que, comme on sait d'ailleurs, il est presque impossible d'éviter.

Les 0,46 de phosphate d'alumine que l'on peut admettre dans le minéral de Rosières, prendraient 0,179 d'eau pour constituer la Wawellite $\dddot{A}^4 \dddot{P}^3 + 18\dot{H}$; il est probable qu'ici la proportion est double ou de 36 $\dot{H}$, ce qui laisse encore 0,02 pour la proportion de la matière organique. Cette différence, ainsi que l'absence des fluorures

et des chlorures, montre que le minéral trouvé à Rosières est d'une espèce nouvelle.

---

41. *Analyse de deux* TERRES A GARANCE *du midi de la France*, par M. P. Berthier.

1° Terre de Mallemont (département des Bouches-du-Rhône).

Cette terre provient d'un champ qui est situé à un niveau assez bas dans la vallée de la Durance, à 18 lieues environ de son embouchure, dans le Rhône; on l'arrose à l'aide d'un canal qui dérive les eaux de la rivière. Le sol est un terrain d'alluvion qui contient des galets de roches *quartzeuses* et granitiques, identiques avec ceux que la Durance charrie aujourd'hui. Les montagnes qui bordent la vallée appartiennent à la formation de craie. La terre est d'une bonne production pour la garance en quantité et en qualité; cependant elle est très-inférieure aux terres du *Chor*, près d'Avignon.

La terre de Mallemont est couleur café au lait foncé, et elle renferme une assez forte proportion de matières organiques à l'état de terreau.

Quand, après l'avoir imbibée complétement d'eau sur un filtre, on la fait dessécher à l'air, elle se réduit à 0,70; d'où il suit qu'à l'état sec elle peut absorber les $\frac{3}{7}$ de son poids d'eau, c'est-à-dire les 0,43.

Par lévigation, on en extrait 0,25 à 0,28 de sable, composé de grains de quartz, la plupart extrêmement fins, et de débris de coquilles et de pierre calcaire. Le sable quartzeux y entre pour 0,20.

Grillée au rouge naissant, elle ne perd que 0,07

à 0,08 de son poids ; mais lorsqu'on la calcine fortement ensuite, la perte totale s'élève à 0,41, et la matière devient d'un rouge briqueté.

Et en la traitant par l'acide muriatique bouillant il y a une vive effervescence, et outre la chaux et une très-petite quantité de magnésie, l'acide dissout 0,06 de fer, qui paraît être dans la terre pour la plus grande partie à l'état de protoxyde, probablement par l'effet de la réaction qu'exercent les matières organiques sur le peroxyde. Le résidu desséché est gris, et pèse 0,65 : par la calcination et le grillage, il se réduit à 0,52.

La potasse caustique, mise en ébullition avec la terre, prend une teinte jaunâtre en dissolvant une petite quantité d'alumine, mais elle ne dissout pas de silice gélatineuse.

Fondue avec la litharge, la terre produit 0,23 de plomb ; d'après cela, la quantité de matières organiques qu'elle contient équivaut à 0,007 de charbon.

L'analyse donne :

Sable quartzeux.	0,200
Carbonate de chaux.	0,370
Carbonate de magnésie. . . .	0,010
Argile.	0,305
Oxyde de fer.	0,060
Eau et matières organiques. .	0,055
	1,000

2° Terre de l'Isle (département de Vaucluse). Cette terre a été recueillie dans la plaine, à cinq lieues d'Avignon, dans une partie assez élevée et très-près des montagnes. On arrose cette plaine avec les eaux de la Sorgue ; mais elle est peu productive, et la garance qu'on y récolte est d'une qualité inférieure.

La terre est couleur café très-pâle ; elle est mélangée de parties brunes organiques, mais en proportion moindre que la terre de Mallemont.

Elle s'égrène très-facilement entre les doigts. Humectée sur un filtre, elle absorbe 0,30 d'eau. La terre, humide et réduite en pâte très-molle, en renferme par conséquent 0,23.

Par lévigation, on en extrait 0,60 de sable très-fin, composé d'environ parties égales de quartz un peu violacé et de carbonate de chaux.

Son analyse a donné :

Sable quartzeux un peu micacé.	0,340
Carbonate de chaux.	0,475
Argile.	0,110
Oxyde de fer.	0,035
Eau et matières organiques. . .	0,040
	1,000

Elle est remarquable par la faible proportion d'argile et la forte proportion de carbonate de chaux qu'elle contient.

---

42. *Analyse de deux* TERRES VÉGÉTALES *de la Charente-Inférieure*, par M. P. Berthier.

Ces terres constituent la presque totalité des marais de la Charente-Inférieure et de la Vendée; elles occupent plus de 2,000 kilomètres carrés depuis l'embouchure de la Loire jusqu'à celle de la Gironde; on les désigne sous le nom de *Bri*. D'après M. Fleuriau de Bellevue, elles sont le produit des atterrissements modernes de la mer, bien plus que le produit des fleuves; leur homogénéité dans toute cette étendue est très-remarquable; partout elles servent à la construction des digues de desséchement, et presque partout aussi

on en peut faire de bonnes briques et de bonnes tuiles, et même depuis trente ans on en fabrique de la pouzzolane à La Rochelle.

Le *bri* est une terre à blé presque toujours très-fertile quand sa superficie n'a pas été épuisée par un grand nombre de cultures privées d'engrais.

On remarque partout que les jets des fossés sont considérablement plus fertiles que la superficie du terrain, et que le *bri* extrait à 10 ou 15 centimètres de profondeur, double presque le produit des récoltes.

M. Fleuriau de Bellevue a recueilli dans le marais de Saint-Michel, situé à 15 kilomètres du marais de Boice, deux échantillons de terre pris l'un à la surface, et l'autre, à la profondeur de 1 mètre environ, pour qu'ils soient soumis à l'analyse.

Les deux terres ont absolument le même aspect; elles sont compactes et d'un gris pâle, çà et là tachées de jaune d'ocre; elles se délayent facilement dans l'eau, mais on n'en sépare pas la plus petite trace de sable par lévigation. Lorsqu'on les mouille après les avoir complétement desséchées à l'air, elles absorbent, par imbibition, 30 d'eau pour cent; calcinées à l'air, elles deviennent d'un rouge de brique pâle; mais, à creuset couvert, elles prennent une teinte grise plus foncée provenant de la petite quantité de matière organique qu'elles renferment; leur composition a été trouvée telle qu'il suit :

	Terre de la surperficie.	Terre prise à un mètre.
Argile.	0,777	0,738
Oxyde de fer.	0,055	0,055
Carbonate de chaux.	0,050	0,090
Eau et matières organiques.	0,118	0,117
	1,000	1,000

On n'y a trouvé ni magnésie ni sulfate de chaux.

On ne sait à quoi attribuer la différence de fertilité de ces deux terres, et il est difficile de croire qu'elle tienne à la petite différence dans la proportion de carbonate de chaux que donne l'analyse.

---

43. *Sur la composition des* TOPAZES; par M. Mosander. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 140.)

En faisant usage du poids atomique du fluor nouvellement corrigé, on trouve que les analyses que M. Berzélius a faites des topazes conduisent à la formule $(2 A^2 F^6 + A^2 O^3) + 6 A^2 O^3 SO^3$.

Il serait nécessaire de refaire l'*analyse de la* Picnite.

---

44. *Analyse de la* BARSOWITE; par M. Varrentrapp. (An. de Pog., t. 48.)

La barsowite se trouve en abondance dans de gros blocs de pierre qui sont parsemés dans le sable aurifère de Barsowisky. Elle est accompagnée de corindon bleu et de ceylanite. Elle a de l'analogie avec la parenthine. Elle est amorphe, transparente sur les bords, d'un blanc un peu nacré, un peu moins dure que le feldspath. Sa p. sq. est de 2,752. Elle fait gelée avec les acides et contient :

Silice.	0,4901
Alumine.	0,3385
Chaux.	0,1546
Magnésie.	0,0155
	0,9987

Sa formule est $(C, M) S^3 + 3 A S$.

---

45. *Analyse de la* MILOSCHINE *et de la* WALKOUSKORSE; par M. Kersten. (An. de Pog., t. 47, p. 485.)

La miloschine est composée :

Silice.	0,2750
Alumine.	0,4501
Oxyde chrômique.	0,0361
Chaux, magnésie, fer, etc. .	0,0050
Eau.	0,2330
	0,9992

C'est une argile chrômifère de couleur vert d'eau. Sa formule est $(A^3 Cr^3) S^2 + 3 Aq$.

La walkouskorse contient :

Silice.	0,3701
Oxyde chrômique. . .	0,1795
Oxyde ferrique. . . .	0,1045
Alumine.	0,0647
Magnésie.	0,0191
Oxyde manganique. .	0,0166
Oxyde plombique. . .	0,0107
Eau.	0,2140
	0,9792

Sa formule est $(Cr^2, A^2, F^2) S^3 + 2 Aq$.

---

46. *Analyse de la* WARWICITE, par M. Shepard. (Amér. jour., t. 36, p. 85.)

Ce minéral vient des environs de Warwick, comté d'Orange, État de New-York; il se trouve dans un calcaire dolomitique, et il est associé à de la brucite et à de l'idocrase jaune; il cristallise en prismes rhomboïdaux modifiés sur les arêtes latérales, et portant des troncatures sur les an-

gles; sa couleur est le gris brun passant au noir; il a un éclat perlé et métallique. Les éclats minces sont translucides et d'un brun chocolat; sa p. sp. est de 3,00 à 3,14 : je l'ai trouvé composé de :

Titane.	0,6470
Fer.	0,0714
Ittrium.	0,0080
Fluor.	0,2733
Aluminium.	traces.
	0,9997

ce qui correspond à la formule 12 Ti Fl + Fe Fl.

---

47. *Note sur la formation et la préparation de l'*OXYDE BLEU DE TITANE, *et sur la cause de la couleur bleue de plusieurs scories de hauts-fourneaux*, par M. Kersten. (An. de Pog., t. 49, p. 241.)

On peut obtenir l'oxyde bleu de titane par la voie sèche :

1° En faisant passer du zinc en vapeurs sur de l'acide titanique chauffé au rouge blanc;

2° En mettant au fond d'un creuset du zinc métallique ou un mélange d'oxyde de zinc et de charbon, puis, par-dessus, de l'acide titanique ou un silicate titanifère, fermant le creuset et chauffant au blanc pendant plusieurs heures. La matière que l'on obtient est opaque, d'un bleu de lavende, et renferme de l'oxyde de zinc et de l'oxyde bleu de titane;

3° En fondant au rouge blanc des silicates terreux titanifères avec du fer ou de l'étain métallique;

4° En faisant passer au rouge un courant de gaz

hydrogène sur du phosphate de soude qui a été préalablement saturé d'acide titanique par fusion; si l'on fait ensuite digérer la masse bleue dans l'eau, le phosphate alcalin se dissout, et l'on obtient de l'oxyde lilas de titane inaltérable à l'air, et par l'acide muriatique à froid, mais qui se dissout dans l'acide bouillant, et qui se transforme en acide titanique par le grillage;

4° Le phosphate de soude titanifère devient bleu aussi lorsqu'on le chauffe avec du zinc, du fer ou de l'étain.

Comme j'ai trouvé une petite quantité de titane dans divers laitiers bleus que j'ai examinés; il est évident, d'après les faits qui viennent d'être exposés, que c'est à l'oxyde bleu de titane que ces laitiers doivent leur couleur; et effectivement, on parvient très-facilement à les imiter en fondant ensemble de la silice, de la chaux, de l'alumine et de l'oxyde titanique avec du fer métallique (1).

---

48. *Sur l'*URANOTANTALE *de l'Oural*; par M. G. Rose. (Institut, n. 344, p. 256.)

L'uranotantale se trouve en grains aplatis, qui présentent quelques indices de cristallisation, et de la grosseur d'une noisette tout au plus; ils sont d'un noir velouté, à cassure brillante et imparfaitement métallique, opaques et à poussière brun rougeâtre. Leur dureté est intermédiaire entre celle de l'apatite et celle du feldspath; leur p. sp. est de 5,625. Chauffés dans un tube ils décrépitent, laissent dégager de l'eau, brûlent comme

(1) Voyez sur ce sujet *Annales des Mines*, t. 14, p. 135.

le gadolinite et se fondent en verre noir. Avec le borax, l'uranotantale donne un verre jaune dans la flamme extérieure et vert-jaunâtre dans la flamme intérieure. Avec le sel de phosphore l'uranotantale se fond en verre d'un vert d'émeraude; avec la soude il donne la réaction du manganèse. Les autres réactifs y indiquent la présence de l'urane et du tantale; celui-ci se décèle par la propriété qu'a le verre de borax de devenir opaque par le choc.

Réduit en poudre, le minéral se dissout complétement, quoique lentement, dans l'acide hydrochlorique; la liqueur verdâtre, étendue d'eau, se trouble par l'addition de l'acide sulfurique et donne le précipité blanc, volumineux, qui caractérise l'acide tantalique. Le dépôt mouillé d'acide hydrochlorique et mis en contact avec le zinc devient bleu. C'est vraisemblablement un tantalate de protoxyde d'urane analogue à l'yttrotantale.

Il vient des monts Ilmen, près Miask, dans l'Oural.

---

49. *Sur la* PÉROWSKITE *d'Amatowski, près de Slatoust en Sibérie;* par M. G. Rose. (An. de Pog., t. 48.)

Ce minéral est assez rare. Il cristallise en hexaèdres qui ont des clivages parallèles aux faces. Il est d'un gris noir, presque aussi éclatant que le diamant. Sa p. sq. est de 4,017. Il raie l'apatite. Au chalumeau il est infusible et donne les réactions du titane. Il est principalement composé de titane et de chaux.

---

50. *Analyse de* SOUS-FLUORURE CÉRIQUE *de Bastnaes*; par M. Hisinger. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 139.)

Ce minéral est compacte, d'un jaune de cire clair, à cassure inégale, doué de l'éclat vitreux. Il est rayé par le verre. Il est composé de :

Fluorures cérique et lanthanique. .	0,5015
Oxydes cérique et lanthanique. . . .	0,3643
Eau.	0,1341
	0,9999

Sa formule est $(C, L)^3 F^6 + (C, L)^2 O^3 + 4 H^2 O$. Il diffère des minéraux de Finbo et de Fahlun en ce qu'il renferme plus d'eau.

---

51. *Sur la* TSCHEWKINITE *minéral de l'Oural*; par M. G. Rose. (Institut, n. 344, p. 256.)

La tschewkinite est une substance compacte, amorphe, à cassure conchoïde, d'un noir satiné, d'un éclat vitreux, à peine translucide sur les bords, un peu plus dure que l'apatite. Sa p. sp. est de 4,508 à 4,549. Au chalumeau elle se boursoufle extraordinairement et se fond en verre noir, en laissant dégager un peu d'eau; avec le borax, elle donne un verre transparent d'un gris de fer. La soude la fait pénétrer dans le charbon.

Ce minéral vient du pays de Miask et de Slatoust; il paraît être composé de silice combinée avec des oxydes de cérium et de lantane et du protoxyde de fer; il contient en outre un peu de titane et des traces de chaux, de magnésie et d'alumine.

---

52. *Essai du* MINERAI DE FER de *Rustrel*, *département de Vaucluse*; par M. P. Berthier.

Il existe auprès de Rustrel, à 10 kilomètres environ au nord-est d'Apt (dépt. de Vaucluse), un gîte considérable de minerai de fer qui doit seul alimenter deux hauts-fourneaux dont la construction est toute récente. Ce minerai est fort riche; c'est un hydrate compacte à cassure luisante ou grenue; mais il a l'inconvénient de ne renfermer presque point d'autres substances étrangères que du quartz, et son traitement en grand pourra à cause de cela présenter quelques difficultés. Les essais suivants ont été exécutés dans le dessein de reconnaître de quelle manière il se comporte avec divers fondants.

Le minerai de Rustrel perd 0,116 d'eau par la calcination, et il laisse dans l'acide muriatique un résidu blanc qui pèse 0,175, et qui se compose de petits grains de quartz hyalin mêlé d'une petite quantité de silice gélatineuse sans argile. Il renferme en outre 0,02 à 0,03 d'alumine et de manganèse, ainsi que cela sera d'ailleurs prouvé par les essais.

On peut le fondre avec du carbonate de chaux seul, dans la proportion d'environ 0,18. En n'opérant que sur 10^gr. au creuset brasqué, on obtient la presque totalité du fer, et le laitier est d'un vert très-pâle, mais ce laitier est extrêmement bulleux, ce qui prouve qu'il ne prend pas une grande liquidité. Quand au contraire on emploie une grande quantité de minerai, 30^gr. par exemple, le laitier est compacte, sans aucune bulle, vitreux et parfaitement transparent; mais il est d'une couleur vert-bouteille foncé, et ce caractère prouve

indubitablement qu'il retient en combinaison une certaine proportion de protoxyde de fer auquel il doit sa fusibilité.

Il y a à Apt une fabrique de faïence dans laquelle on emploie une argile que l'on trouve abondamment dans la contrée et qui n'est pas ferrugineuse. On a essayé d'ajouter une certaine quantité de cette argile au minerai de Rustrel, pour le faire fondre; mais auparavant on l'a soumise à la lévigation pour en séparer la plus grande quantité de sable possible; on en a extrait par ce moyen 0,18. La partie légère tenue en supension dans l'eau, a été recueillie sur un filtre; elle formait une pâte très-liante, mais elle retenait encore une proportion considérable de sable excessivement fin, car après avoir été complétement desséchée à l'air, elle ne perdait que 0,08 d'eau par la calcination, tandis que les argiles pures en perdent ordinairement 0,12 à 0,15. Elle ne devait guère renfermer que le cinquième de son poids d'alumine.

Le minerai fondu avec 0,20 de cette argile et 0,25 de carbonate de chaux, a donné 0,45 de fonte, et un laitier vitreux, transparent et d'un vert bouteille. Avec 0,36 d'argile et 0,36 de carbonate de chaux, on a eu 0,455 de fonte et un laitier vitreux et vert, mais d'une couleur moins foncée que le précédent : il contenait évidemment une proportion moindre d'oxyde de fer; mais comme il formait un poids presque double, la perte en fer a été à peu près la même en définitive.

Avec addition de 0,05 d'alumine pure et de 0,20 de carbonate de chaux, le minerai a produit 0,47 de fonte et un laitier compacte, vitreux, couleur

vert bouteille, mais peu foncée : ce laitier retenait encore du fer, mais en faible proportion.

Pour extraire la totalité du fer contenu dans le minerai de Rustrel, il faudrait faire en sorte que le laitier fût très-basique et en même temps bien fusible ; le meilleur moyen de remplir ce double but consisterait, comme on va le voir par l'expérience suivante, à employer pour flux un mélange de dolomie et de carbonate de chaux.

				gr.
20 gr.	minerai cru. . . .	=	Minerai calciné. . .	17,68
2,5	dolomie.	=	Chaux et magnésie.	1,25
1,5	carbonate de chaux.	=	Chaux.	1,40
				20,33

ont donné à l'essai :

	gr.		
Fonte.	9,60	Total.	16,50
Laitier.	6,90		
		Oxygène.	3,83

Fondants ajoutés.	2,65		
Matières vitrifiables. . . .	4,25	=	0,213
Matières insolubles.	3,50	=	0,175
Matières solubles.	0,75	=	0,038

La fusion a été parfaite. La fonte était blanche, à texture serrée, sans indice de cristallisation. Le laitier formait un bouton compacte absolument sans bulle, parfaitement transparent, incolore ou légèrement coloré, mais sans la moindre nuance de vert : il ne devait donc pas retenir une proportion notable de fer. Il résulte de cet essai que le minerai produit 0,48 de fonte, et qu'il contient 0,037 au plus d'alumine et d'oxyde de manganèse.

Malheureusement on ne pourra pas employer la dolomie pour fondre le minerai de Rustrel ; parce que, bien que les pierres calcaires abon-

dent dans la contrée, il ne s'y est pas encore rencontré de carbonates magnésiens; les seules matières dont on puisse disposer sont des calcaires purs et des calcaires argileux; mais on réussira avec les uns ou avec les autres, surtout avec les derniers; seulement pour obtenir des laitiers bien fusibles il pourra être nécessaire de sacrifier quelques centièmes d'oxyde de fer qu'on y laissera pour qu'ils aient la fluidité convenable : le minerai étant fort riche cela ne présentera aucun inconvénient. Pour obtenir ce résultat il faudra marcher en fonte blanche et n'employer qu'une proportion modérée de castine.

On connaît à Sénas, près Orgon, sur les bords de la Durance, et aux Beaux, à quelques kilomètres d'Arles, des gîtes très-abondants de minerais qui, contrairement à celui de Rustrel, ne pourraient pas être fondus seuls, parce qu'ils renferment une proportion trop considérable d'alumine. On conçoit que ces deux sortes de minerais seraient éminemment propres à se servir réciproquement de fondant; malheureusement ils sont séparés les uns des autres par une trop grande distance pour qu'on puisse les réunir sur un même point avec économie; mais des recherches convenablement dirigées pourraient peut-être faire découvrir de nouveaux gîtes alumineux plus à proximité de Rustrel que ceux qui sont actuellement connus.

---

53. *Essai de trois* MINERAIS DE FER *de l'Algérie*, par M. P. Berthier.

Dans le cours de la campagne de 1840 en Algérie, M. le général Schramm a fait recueillir par

les officiers de l'état-major divers échantillons de minerais de fer qui ont été envoyés au laboratoire de l'École des Mines, pour y être essayés.

Ces échantillons présentaient trois espèces différentes de minerais, provenant soit des environs de Médéah, soit des environs de Miliana :

1° *Minerai du sommet de l'Atlas, près de Benisala*. C'est évidemment un fer spathique passé à l'état de *mine douce*, par décomposition spontanée ; il est brun, visiblement mélangé de chaux carbonatée lamellaire, et il adhère souvent à du quartz ; il perd 0,157 d'eau et d'acide carbonique par calcination ; il contient 0,025 de silice gélatineuse, et 0,114 de carbonate de chaux ; il fond bien avec addition d'un dixième de son poids de quartz, et produit à l'essai 0,53 de *fonte blanche* : il est par conséquent fort riche ;

2° *Minerai de fer oligiste des environs de Miliana*. Ce minerai appartient à l'espèce que l'on désigne sous le nom de *fer oxydé micacé* ; il se compose de petites écailles métalloïdes brillantes, à peine agglomérées entre elles : il est çà et là mêlé de quartz, mais en très-petite quantité, et il donne 0,65 de fer à l'essai ;

3° *Minerai de fer oxydé compacte des environs de Miliana*. C'est le minerai qu'Abd-el-Kader faisait exploiter au pied du Zacar, haute montagne qui domine Miliana, pour alimenter la fonderie qu'il avait établie auprès de cette ville.

C'est un oxyde compacte, à poussière rouge, qui ne perd presque rien par la calcination, et qui laisse dans les acides 0,20 d'argile et de quartz ; il donne à l'essai 0,55 de fonte grise, qui s'aplatit un peu sous le marteau avant de se rompre, et qui paraît être d'excellente qualité.

Ces trois minerais sont du nombre des plus riches que l'on connaisse.

---

54. *Sur les produits naturels qui proviennent de l'action de l'air sur les* PYRITES DE FER, par M. Scheerer. (Phil. Mag., avril 1840.)

A Modun, en Norvay, j'ai trouvé, dans les cavités d'un schiste mélangé de pyrites, trois dépôts superposés, composés comme il suit :

Le dépôt superficiel est brun et contient :

Peroxyde de fer. .	0,8073	— 14 at.
Acide sulfurique. .	0,0600	— 2
Eau.	0,1357	— 22
	1,0030	

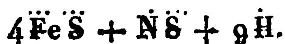
C'est le sous-sel



La seconde couche est concrétionnée, et d'un jaune clair ; elle a donné à l'analyse :

Peroxyde de fer. .	0,4989	— 4 at.
Acide sulfurique. .	0,3247	— 5
Soude.	0,0537	— 1
Eau.	0,1309	— 9
	1,0082	

C'est le sel double



Enfin, la troisième couche se compose de petits cristaux blancs que j'ai reconnus être du gypse pur.

---

55. *Analyse du* PHOSPHATE DE FER *de Kertsch en*

Crimée, par M. Segeth. (Institut, n° 345, p. 265.)

La composition de ce minéral correspond à la formule $\dot{F}e^4 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 2\ \dddot{F}e^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 28\ \dot{H}$, ainsi que le prouvent les résultats comparés de l'analyse et du calcul.

	Analyse.	Calcul.
Protoxyde de fer. . .	0,1566	0,1528
Peroxyde de fer. . .	0,3488	0,3405
Acide phosphorique.	0,2284	0,2328
Eau.	0,2662	0,2739
	1,0000	1,0000

56. *Analyse du* PHOSPHATE FERROSO-MANGANEUX *de Zwisel en Bavière*; par M. Fuchs. (Jour für Chem. t. 18, p. 496.)

Ce minéral est en masses cristallines lamellaires, à cassure inégale ou conchoïde, d'un brun de clou de girofle. Sa pesanteur est de 3,97. Il est composé de :

Acide phosphorique. . . .	0,3560
Oxyde ferreux.	0,3544
Oxyde manganeux.	0,2034
Fer métallique.	0,0476
Fluor.	0,0318
Silice.	0,0060
	0,9992

Sa formule est de $F\,Fl^2 + 3\,(F, M)^3\,P^5$.

57. *Analyse d'un* MINERAI *de Carthagène (Espagne)*, par M. P. Berthier.

Parmi les minerais d'espèces très-variées, qui

existent auprès de Carthagène (Espagne), et qui ont été l'objet d'exploitations considérables, sous la domination des Carthaginois, il en est un qui est remarquable par l'association qu'il présente. C'est un mélange presque intime de carbonate à quatre bases, de blende grise et de pyrite, dans lequel on voit çà et là quelques lamelles de galène, et qui est traversé en divers sens par des feuillets très-minces de gypse d'un beau blanc nacré.

On prétendait ce minerai riche en argent; mais il n'en contient que 0,0001, qui se trouve, sans aucun doute, en combinaison dans la galène.

L'acide muriatique l'attaque aisément avec dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré, et laisse de la pyrite pure. Avec l'acide sulfurique, il ne se dégage que de l'acide carbonique, et la blende reste avec la pyrite, ainsi que la galène. Il ne fait qu'une faible effervescence avec l'acide acétique à froid; mais, à l'aide de l'ébullition, et au bout d'un très-long temps, il est attaqué par cet acide, de telle sorte que les carbonates et le sulfate de chaux se dissolvent seuls. L'analyse a donné :

Pyrite de fer.	0,190		
Sulfure de zinc.	0,126	blende.	0,148
Protosulfure de fer. . .	0,022		
Galène.	0,022		
Sulfate de chaux.	0,036		
Carbonate de fer.	0,234		
Carbonate de chaux. . .	0,200	carbonate	
Carbonate de magnésie. .	0,100	quadruple.	0,594
Carbonate de manganèse.	0,060		
Carbonate de plomb. . .	0,010		
	1,000		

Le carbonate a à peu près pour formule : Ca C + F C + (Mg, Mn) C.

58. *Analyse d'une* PIERRE MÉTÉORIQUE *du Cap* : par M. Faraday. (An. de Pog., t. 47, p. 324.)

Cette pierre, tombée le 13 octobre 1838, était poreuse, tendre et hydroscopique. Sa pesanteur spécifique était de 2,94. Elle contenait :

Silice.	0,2890
Oxyde ferreux.	0,3322
Magnésie.	0,1920
Alumine.	0,0522
Chaux.	0,0161
Oxyde niccolique. . .	0,0082
Oxyde chrômique. . .	0,0070
Soufre.	0,0424
Eau.	0,0650
	1,0041

59. *Analyse du* PÉRIDOT FERRIQUE, *nouveau minéral des îles Açores*, par M. Fellenberg. (Bibl. de Gen., t. 28, p. 191).

Ce minéral a été trouvé par M. Gigar de Berne, d'abord à l'île Fayal, puis aux îles Pros et Flores; il est engagé dans une roche en place, d'aspect amygdaloïde, composée, en majeure partie, d'une pâte gris-clair de leucite et d'albite.

Ce péridot est d'un brun rougeâtre foncé avec un lustre résineux. Tantôt il est légèrement boursouflé et rempli de cavités sphériques, comme une scorie de forge, tantôt il est compacte et à cassure esquilleuse; il est cristallin dans toute sa masse, mais il ne présente jamais de cristaux déterminés; sa dureté est intermédiaire entre celle du feldspath et celle du quartz. Sa densité est de 4,109. Chauffés dans le tube de verre, les mor-

ceaux compactes donnent de l'eau qui contient un peu d'acide hydrochlorique; les morceaux bulleux, très-peu d'eau et une quantité notable de soufre. Lorsqu'on le traite par l'acide hydrochlorique, les 0,86 se décomposent en faisant gelée, et la silice renferme 0,14 d'un minéral qu'on ne peut décomposer qu'en le fondant avec un alcali au creuset d'argent. Les minéraux mélangés présentent à l'analyse les résultats suivants :

	Partie attaquable.		Partie non attaquable.
Silice.	0,3104	1 at.	0,1275
Protoxyde de fer. .	0,6257	1 at.	0,5717
Chaux.	0,0043		0,0200
Alumine.	0,0327		0,2354
Magnésie.	»		0,0033
Oxyde de cuivre. .	0,0032		0,0230
Oxyde de plomb. .	0,0171		0,0180
	0,9934		0,9989

La partie attaquable est évidemment un péridot à base de fer $\dot{F}e^3 \ddot{S}$.

---

60. *Analyse de l'*HYDROPHITE *de Suède*, par M. H. Rose. (Ann. de Pog. 1840, p. 535.)

Ce minéral est commun à Taberg; il s'y trouve mêlé avec le fer oxydulé et la pikrolite. Il est compacte, quelquefois mais rarement à texture fibreuse; sa cassure est inégale. Sa couleur est le vert de montagne; il tache légèrement le papier. Sa pesanteur spécifique est de 2,65; il est infusible au chalumeau. On l'a trouvé composé de :

Eau.	0,16080	oxyg.	0,14293	3
Silice.	0,36193	—	0,18806	4
Protoxyde de fer.	0,22729	—	0,05175	3
Protoxyde de manganèse.	0,01166	—	0,00262	
Magnésie.	0,21082	—	0,08161	
Alumine.	0,02895	—	0,01352	
Acide vanadique	0,00115			
	1,00260			

Sa formule est $2\,(M, f)\,S^2 + (M, f)\,Aq^2$.

---

61. *Analyse du* LÉPIDOMÉLANE, par M. Soltman. (Institut, n° 352, p. 325.)

Le lépidomélane provient de Persberg en Wermeland. C'est un agrégat grenu et *schistoïde* de petits cristaux en écailles, dont la *grosseur dépasse* rarement une demi-ligne, qui ont une forme irrégulière, se rapprochant quelquefois d'une table à six pans. Ces écailles sont d'un noir d'aile de corbeau et elles réfléchissent un vert très-vif avec éclat diamantaire; leur poussière est vert de montagne. En parties minces, elles sont transparentes; leur pesanteur spécifique est de 3. L'acide nitrique et l'acide muriatique les attaquent aisément, en laissant la silice sous forme d'écailles molles et nacrées.

L'analyse de ce minéral a donné :

Silice.	0,3740	oxyg. .	0,1943	
Alumine.	0,1160	—	0,0542	0,1390
Peroxyde de fer. .	0,2766	—	0,0848	
Protoxyde de fer.	0,1243	—	0,0283	0,0459
Magnésie. . . . / Chaux.	0,0060	—	0,0020	
Potasse.	0,0920	—	0,0156	
Eau.	0,0060			
	0,9949			

ce qui correspond à la formule $(\dot{K}^3, \dot{F}e^3)\dddot{S}i + 3(\dddot{A}l, \dddot{F}e)\dddot{S}i$, qui appartient aux micas à un axe.

---

62. *Analyse de l'*ANTHROSIDÉRIDE, par M. Schnedermann. (An. de Pog., t. 52, p. 292.)

Ce minerai a été donné à M. Hausmann comme venant d'Antonio Pereyra, province de Minas Geraes, au Brésil. Il se présente en filaments déliés, qui sont groupés en forme de bouquets; il est d'un brun d'ocre un peu grisâtre, opaque, ou à peine translucide dans les éclats minces; sa p. sq. est de 3,6 environ; il fait feu au briquet; son analyse a donné :

Silice.	0,6008	3 at.
Peroxyde de fer.	0,3499	1
Eau.	0,0359	1

Ce qui se rapproche beaucoup de la formule $\dddot{F}e\,\dddot{S}i^3 + H$, qui donnerait :

Silice.	0,6186
Peroxyde de fer.	0,3466
Eau.	0,0398

Le minerai contient un peu moins d'eau que n'en indique la formule, parce qu'il renferme en mélange environ 0,16 de silicate anhydre $\dddot{F}e\,\dddot{S}i^2$. Effectivement, si après l'avoir calciné on le traite par l'acide muriatique, il reste dans la silice 0,06 de peroxyde de fer, que l'on ne peut en séparer qu'en fondant au creuset d'argent avec de la potasse.

---

63. *Analyse d'un* ACIER A FILIÈRES, *provenant d'Allemagne*; par M. P. Berthier.

Ces filières sont en plaques épaisses d'environ

un demi-centimètre, polies sur chaque face, et percées de trous coniques taraudés, de différents diamètres. On les emploie pour étirer le cuivre argenté et doré, et l'on annonce que le métal dont elles sont composées est très-facile à travailler, et néanmoins très-dur. Ce métal est tellement fragile, qu'on le divise aisément en très-petits morceaux, en le frappant sur une enclume avec la tranche d'un marteau de grandeur ordinaire. Sa cassure est grenue, à grains très-fins, et d'un gris blanc absolument comme l'acier fondu.

Il se dissout dans l'acide muriatique sans laisser le moindre résidu, et le gaz qui se dégage n'a aucune odeur désagréable. En le traitant par le brôme, il reste du charbon noir parfaitement pur, dont la proportion s'élève à 0,05.

Cette matière est donc remarquable : c'est du fer carburé saturé de carbone, exempt de toute autre substance étrangère, et dans lequel le carbone se trouve en totalité à l'état de combinaison, comme dans la fonte blanche. On la prépare probablement de la même manière que l'acier fondu, et on la travaille à la lime après l'avoir coulée en plaques. Il doit être assez difficile d'éviter les boursouflures.

---

64. *Essai d'un* MINERAI DE CUIVRE ET D'ARGENT *de l'Algérie*, par M. P. Berthier.

Ce minerai a été recueilli, comme les minerais de fer dont il a été question page 655, par les officiers d'état-major de l'armée, pendant la campagne de 1840; il provient du revers méridional de l'Atlas. Le lieu dans lequel il se trouve est voisin du bois des Oliviers, entre le col de Mouzaya

et Médéah, et on désigne ce lieu sous le nom de la *mine de cuivre*. Il paraît que le gîte est abondant, et qu'il y a beaucoup de combustible aux alentours; cependant les Arabes ne l'ont jamais exploité; ils ont trop peu de connaissance dans les arts métallurgiques pour extraire du cuivre propre aux arts d'un minerai d'une telle nature.

Le minerai brut se compose de fer oxydé ou hydraté compacte ou terreux, qui paraît être le produit de l'altération, par l'air et par l'eau, d'un fer carbonaté, et qui est pénétré de cuivre gris, que l'on y voit disséminé irrégulièrement en petites parties amorphes. Ces petites masses de cuivre gris sont fréquemment enveloppées d'une matière cuivreuse verte, qui est le résultat de son oxydation lente, opérée par les agents atmosphériques. Dans la profondeur, on ne trouverait probablement que du fer spathique et du cuivre gris intact.

Par le lavage à l'augette à main, on sépare la plus grande partie de l'oxyde de fer, mais non pas la totalité; en sorte que lorsqu'on traite ensuite le schlich par l'acide muriatique, il se dissout 0,20 environ de fer et de cuivre provenant des parties oxydées. Le résidu est un *cuivre gris* pur, d'un gris noir, peu éclatant, compacte, à cassure inégale ou grenue, composé essentiellement de sulfure de cuivre et de sulfure d'antimoine, comme les *graugultigers*, et contenant en outre une petite quantité de sulfure de fer, et probablement de sulfure de zinc.

Le schlich non traité par l'acide muriatique, et tel qu'on pourrait l'obtenir en grand, fondu avec 0,50 de nitre et une quantité suffisante de litharge, donne 2 de plomb, qui, par coupellation, laisse 0,0008 d'argent, ce qui équivaut à

1 once 2 gros 16 grains au quintal poids de marc; il suit de là que le cuivre gris par renferme précisément 0,001 d'argent.

Quand on fond le schlich avec du flux noir, après l'avoir grillé, il donne un culot de cuivre; mais ce cuivre est d'un rouge très-pâle et peu ductile, parce qu'il renferme une très-forte proportion d'antimoine. Il serait impossible aux Arabes de le purifier, car on sait que c'est là une des opérations les plus difficiles de la métallurgie.

Quoi qu'il en soit, on considérerait en Europe le minerai de Médéah comme assez riche en argent pour mériter d'être exploité. En Algérie, où la main-d'œuvre est à bas prix, on le traitera probablement un jour avec avantage.

---

65. *Analyse d'un* MINERAI DE CUIVRE *du Chili*; par M. Jacquot, élève ingénieur des mines.

On importe actuellement en France par Valparaiso des quantités considérables d'un minerai de cuivre fort riche, qui se trouve en abondance à peu de distance de ce port, et qui est employé avec grand avantage par nos négociants pour lester leurs navires au retour. Ce minerai est un mélange de carbonate, de silicate, de sous-sulfate, d'oxyde rouge de cuivre, de cuivre natif, de cuivre sulfuré, de cuivre panaché et de cuivre pyriteux, le tout disséminé dans une gangue quartzeuse et argileuse, qui appartient évidemment à la formation des grès : c'est l'oxyde rouge qui domine dans le minerai.

En traitant ce minerai par l'eau régale, et précipitant le cuivre par le fer, etc., on trouve qu'il

en contient 0,37, et qu'il renferme 0,37 de gangue pierreuse. Fondu à l'état cru avec 2 p. de flux noir et 1 p. de borax, il ne produit que 0,28 de cuivre rouge sans matte; mais la scorie est très-sulfureuse, et c'est à cause de cela qu'elle retient en combinaison le reste du cuivre, ainsi que du fer, etc.

On distingue, au milieu des amas de ces minerais, des morceaux qui ont un fort bel aspect, et qui présentent une réunion d'espèces que l'on n'a pas encore rencontrée. Ils se composent de cuivre oxydulé massif, à structure compacte et cristalline, pénétré de cuivre natif en rameaux, et qui est enveloppé de tous côtés dans une croûte cuivreuse d'un beau vert-pomme nuancé de vert bleuâtre, de plusieurs centimètres d'épaisseur. Cette croûte a une cassure grenue et mate, et quelquefois une cassure conchoïde. Je l'ai analysée, et j'ai trouvé qu'elle est formée d'un mélange, à proportions variées, de sous-sulfate et de silicate de cuivre hydreux et de gangue pierreuse. On en sépare le sous-sulfate également bien, soit au moyen du carbonate d'ammoniaque, soit au moyen de l'acide acétique, et, quant au silicate, l'acide chlorhydrique le décompose aisément, même à froid.

Deux analyses, faites comparativement, se sont accordées pour donner le résultat suivant :

Acide sulfurique. .	0,101	Partie soluble dans l'acide acétique et dans le carbonate d'ammoniaque.
Oxyde de cuivre. .	0,398	
Silice gélatineuse. .	0,071	Partie attaquable par l'acide chlorhydrique.
Oxyde de cuivre. .	0,070	
Oxyde de fer. . . .	0,015	
Eau combinée. . .	0,150	
Gangue quartzeuse.	0,185	
	0,990	

On a trouvé, par le moyen du fer, que cette matière contient 0,373 de cuivre métallique : elle en donne 0,370 lorsqu'on la fond avec trois parties de flux noir, après l'avoir préalablement calciné fortement pour décomposer le sulfate.

L'analyse ayant appris quelles étaient les quantités d'eau respectives combinées au silicate et au sous-sulfate, on a pu en déduire la composition rationnelle de ces deux minéraux, et l'on a été conduit à l'expression suivante :

Oxyde de cuivre. .	0,398	Sous-sulfate de cuivre.	0,584
Acide sulfurique. .	0,101		
Eau.	0,085		
Oxyde de cuivre. .	0,070	Silicate de cuivre. . .	0,206
Silice.	0,071		
Eau.	0,065		
Oxyde de fer. . . .	0,015		
Gangue quartzeuse.	0,185		
	0,990		

D'après cela, le sous-sulfate contient pour 1,000 :

Oxyde de cuivre. . .	0,681
Acide sulfurique. . .	0,172
Eau.	0,147
	1,000

Il me paraît se rapprocher beaucoup d'un sous-sulfate du Mexique, dont la composition est donnée dans le Traité des essais par la voie sèche, et dont la formule est $Cu' S' + 4 Aq$.

Quant au silicate, il contient :

Oxyde de cuivre. .	0,341
Silice.	0,347
Eau.	0,312

et il ne diffère que par un excès de 0,075 de silice

de la Sommervillite, $Cu S^2 + 4 Aq$, qui est composée de :

Oxyde de cuivre. .	0,374
Silice.	0,289
Eau.	0,337

Tout porte à penser qu'il y a identité entre les deux minéraux, et que la différence observée provient de ce que le silicate du Chili est mélangé d'une certaine quantité de silice opaline soluble dans les alcalis, ainsi que cela se remarque fréquemment.

Le sous-sulfate du Chili est insoluble dans l'eau, mais lorsqu'on le chauffe convenablement et avec précaution, il se transforme en un mélange de sous-sulfate plus basique et de sulfate neutre que l'eau peut dissoudre.

---

66. *Analyse du* KUPFERGLIMMER.

Dans le nord de l'Allemagne on raffine au petit *foyer* le cuivre que l'on a soumis à la liquation pour en séparer la plus grande partie de l'argent. Lorsque le cuivre renferme de l'antimoine, on obtient quelquefois, quoique assez rarement maintenant, un cuivre parsemé de *kupferglimmer*, c'est-à-dire de petits cristaux d'un jaune d'or, ayant la forme d'une plaque hexaédrique excessivement mince. Ce composé est insoluble dans la plupart des acides, et il peut aisément être séparé du cuivre rouge, dans lequel il est disséminé, au moyen de l'acide nitrique. Pour l'analyser, on le traite par l'eau régale qui finit par le dissoudre à l'aide d'une longue ébullition. Les résultats suivants font connaître la composition qu'on lui a trouvée.

	(1)	(2)	(3)
Oxyde de cuivre. . .	0,5425	0,44278	0,46323
— de nickel. . .	»	0,30612	0,28259
— d'antimoine..	0,3981	0,25110	0,24529
— de plomb. . .	0,0405	»	0,01693
— d'argent. . .	0,0016?	»	»
— de fer. . . .	0,0007	traces	»
Silice, alumine. . .	0,0158	»	»
Soufre.	0,0008	»	»
	1,0000	1,00000	1,00802

(1) Kupferglimmer d'Andréasberg au Harz (Stromeyer). Il est possible que dans cette analyse, qui est ancienne, le nickel ait été confondu avec le cuivre.

(2) Kupferglimmer d'Ocker. L'*analyse a été* faite dans le laboratoire de M. G. *Rose*.

(3) Kupferglimmer de Lautenthal. Analysé par M. Bodemann, essayeur des minerais pour le compte de l'administration des mines à Clausthal. Le cuivre qui accompagne ce produit ne renferme pas de traces appréciables de nickel.

Lorsque le cuivre noir ne renferme que très-peu d'antimoine, il ne se forme pas de kupferglimmer dans le raffinage; mais dans le cas contraire il est impossible d'en éviter la production. On prétend à Alteneau que, depuis que l'on a substitué la chaux au fer dans la fonte des mattes de plomb, et que l'on ajoute de la chaux dans les dernières fontes de mattes de cuivre, ce composé se montre beaucoup plus rarement qu'autrefois.

---

67. *Analyse d'un* ÉTAIN ALLIÉ, par M. P. Berthier.

Cet alliage est considéré par les ouvriers de Paris comme d'excellente qualité pour confec-

tionner les ustensiles divers que l'on désigne sous le nom de poterie d'étain; il renferme :

Étain.	0,90
Antimoine. . . .	0,09
Cuivre.	0,01
	1,00

Lorsqu'on le traite par de l'acide muriatique bouillant, tout l'étain se dissout et il reste un résidu gris foncé, qui se compose d'antimoine et de cuivre que l'on sépare aisément l'un de l'autre au moyen de l'acide nitrique. En faisant chauffer la dissolution muriatique avec une lame d'étain pur, il s'en précipite encore une petite quantité d'antimoine et de cuivre qu'il faut recueillir.

---

68. *Analyse de l'*AURICHALCITHE; par M. Bœttger. (An. de Pog., t. 38, p. 495.)

Ce minéral vient de Loktewsk dans l'Altaï; il est amorphe, granuleux ou rayonné, translucide et de couleur verte. Il est composé de :

Oxyde zincique.	0,4584
Oxyde cuivrique.	0,2819
Acide carbonique.	0,1606
Eau.	0,0995
	1,0004

Ce qui s'accorde avec la formule 2(Cu, Zn) Ca^2 + 3(Cu, Zn) Aq.

---

69. *Analyse d'un* MINÉRAL ZINCIFÈRE *des environs de Livourne (Toscane)*; par M. Jacquot, élève ingénieur des mines.

Ce minéral vient de la partie nord-est de la

colline de Mancino, située à peu de distance de la côte et à quelques lieues de Livourne.

Il est en masses fasciculées d'un brun chocolat, à fibres longues, lamelleuses, luisantes et opaques. Sa poussière est blonde; il présente deux clivages qui font ensemble un angle de 92° et dont l'un est beaucoup plus facile que l'autre; mais dans le sens transversal, sa cassure est inégale, son éclat est un peu métalloïde. Sa pesanteur spécifique est de 3,045.

Il a quelque ressemblance avec l'iénite, et l'on dit qu'il s'en trouve de tout semblable dans le gîte d'iénite de l'île d'Elbe : quoiqu'au premier aspect il paraisse parfaitement homogène, il est cependant composé de plusieurs minéraux, qui s'y trouvent dans un état de mélange *intime. Il* contient de l'oxyde de fer hydraté, un silicate de zinc particulier et une partie pierreuse inattaquable par les acides, dans laquelle on distingue des grains verts, transparents, qui appartiennent probablement au pyroxène, et des grains gris de quartz pur.

L'analyse a donné :

Partie soluble dans l'acide chlorhydrique.	Peroxyde de fer.	0,103		
	Oxyde de zinc. .	0,110	oxyg. 0,0217	1
	Silice gélatineuse.	0,133	0,0069	3
	Eau.	0,023		
Partie insoluble dans l'acide chlorhydrique.	Chaux.	0,160		
	Magnésie. . . .	0,020		
	Protox. de fer. .	0,023		
	Protox. de mang.	0,036		
	Alumine.	0,010		
	Silice.	0,370		
		0,988		

Lorsqu'on le traite par l'acide oxalique, le per-

oxyde de fer se dissout en totalité; il se dissout en même temps un peu de zinc; mais la quantité en est petite et l'on remarque qu'une quantité proportionnelle de silice est mise à nu. Avec l'acide acétique bouillant, il y a également décomposition d'une proportion du silicate de zinc, mais l'oxyde de fer ne se dissout pas. Il résulte de ces faits que cet oxyde n'est pas combiné avec la silice, mais simplement mêlé à l'état d'hydrate dans le minerai.

Le silicate de zinc contenu dans ce minerai est nouveau, puisqu'il renferme trois fois autant de silice que le seul que l'on connût jusqu'à présent et qui porte le nom de calamine électrique. Il est probablement anhydre.

Le minerai ayant été essayé au creuset brasqué, sans addition, s'est très-bien fondu et a donné:

Fonte.	0,110
Scorie.	0,730
Total.	0,840
D'où eau, oxygène et zinc.	0,160

ce qui s'accorde avec l'analyse.

La fonte était en grenailles demi-ductiles, recouvertes d'un enduit rouge et à cassure grise. La scorie était vitreuse, mais opaque et légèrement verdâtre.

---

70. *Sur la* GREENOCKITE (*nouvelle espèce minérale*); par MM. Jameson et Connel. (Edim. Jour., avril 1840.)

Ce minéral se rencontre dans une roche trapéenne porphyritique et amygdaloïde, près de Bishopton, dans le comté de Renfrow, en Angleterre. Il est accompagné de feldspath cristallisé, de

chaux carbonatée spathique, de chlorite, de prénhite. Il est souvent disséminé dans les masses fibreuses de ce dernier minéral ou déposé sur ses rognons. C'est M. Greenock qui l'a le premier signalé comme une substance nouvelle.

Il est en petits cristaux qui sont ordinairement des prismes à six pans, terminés par des pyramides à six faces. Sa couleur varie du jaune de miel au rouge orangé. Son lustre est brillant, résineux et se rapproche de celui du diamant. Il est translucide et assez dur; sa p. sq. est de 4,8.

Lorsqu'on le chauffe, il décrépite et devient rouge, mais il reprend sa couleur jaune en refroidissant. A l'état pulvérulent, il se dissout aisément dans l'acide hydrochlorique, avec *dégagement* d'hydrogène sulfuré.

Une analyse faite sur 3 grammes 71 a fait voir que c'est le sulfure de cadmium composé de

Cadmium....	0,7759
Soufre.....	0,2241

exempt de zinc et contenant seulement une trace de fer.

---

71. *Sur le minerai de* MERCURE *et d'*ARSENIC *de Huanca-Vélica au Pérou;* par M. P. Berthier.

Les mines de mercure de Huanca-Vélica sont connues depuis longtemps, mais on n'en a pas encore de description détaillée et exacte, et il paraît d'ailleurs que jusqu'à présent elles n'ont donné que de très-faibles produits; une masse considérable d'échantillons variés envoyés récemment en France, permet du moins de reconnaître

la nature du minerai. Cette notion, qui manquait aux exploitants, leur sera, je pense, utile, et les mettra sur la voie pour trouver le moyen de tirer parti d'une variété de minerai qu'ils délaissent aujourd'hui, quoiqu'elle soit plus riche que toutes les autres.

La roche qui constitue la masse principale du gîte mercuriel de Huanca-Vélica est un grès composé de très-petits grains de quartz hyalin assez faiblement agglutinés entre eux. Cette roche a une légère teinte grise qu'elle doit au mélange d'une petite quantité d'argile, et l'on y distingue en outre çà et là quelques parcelles de mica argentin en paillettes extrêmement menues.

On fait deux classes du minerai : 1° le minerai ordinaire, et 2° le minerai rouge.

1° Le minerai ordinaire, qui fait actuellement l'objet principal de l'exploitation, n'est autre chose que le grès dont il vient d'être question, mais dans lequel se trouvent disséminés çà et là, et en très-petites parties, du cinabre, reconnaissable à sa couleur rouge violacée, et des pyrites de fer. Ces pyrites sont très-efflorescentes : de là vient que les morceaux de minerai exhalent une odeur sensiblement vitriolique, et qu'ils se recouvrent promptement à l'air d'un enduit pulvérulent d'un jaune verdâtre pâle. Cet enduit se dissout en totalité dans l'acide muriatique et n'est autre chose que du sulfate de fer. Quand on chauffe le minerai dans une cornue de verre, il s'en dégage promptement une petite quantité de cinabre, qui se dépose dans le col sous forme d'une pellicule d'un brun noir, et il passe en même temps une quantité notable de mercure métallique. Il est probable que ce mercure résulte de la réduction d'une portion du cinabre en va-

peur par l'air contenu dans la cornue : il se peut cependant que le minerai en contienne une petite quantité, mais je n'en ai aperçu dans aucun échantillon. On dit que, terme moyen, le minerai produit en grand 2 pour 0/0 de son poids de mercure tout au plus.

2° Le minerai rouge se trouve, à ce qu'il paraît, irrégulièrement disséminé dans le grès quartzeux en amas plus ou moins considérables. On le trie avec soin; mais quoiqu'il soit très-abondant, on ne l'emploie qu'en très-petite proportion, parce que, dit-on, il ne produit presque pas de mercure. On le considère à Huanca comme du cinabre d'une nature particulière, mais dont on ne peut pas extraire le métal par les procédés *métallurgiques* connus. On se trompe ici sous *deux rapports*. Premièrement la substance rouge qui domine dans le minerai n'est pas du cinabre, et en second lieu ce même minerai renferme réellement du véritable cinabre en proportion plus considérable que le minerai ordinaire, et il n'est pas difficile d'en extraire le mercure qu'il contient.

La substance rouge que l'on voit dans le minerai de Huanca n'est pas du sulfure de mercure: c'est du sulfure d'arsenic (réalgar) : la couleur de cette substance est ce qui trompe les exploitants, quoique cependant sa nuance ne soit pas la même que celle du cinabre. Le sulfure d'arsenic est disséminé dans le minerai d'Huanca en veinules irrégulières et en petits amas; dans les parties qui n'ont pas été exposées au contact de l'air, il est d'un beau rouge grenade, transparent, cristallin, et souvent même il se présente en petits cristaux très-bien formés; mais il paraît qu'il s'altère à l'air; car dans leurs anciennes cassures les morceaux de minerai sont toujours recouverts d'une matière

arsénicale, pulvérulente, d'un jaune rougeâtre, sale, et qui semble contenir à la fois du réalgar et de l'orpiment. Le sulfure d'arsenic est accompagné dans le minerai d'Huanca de diverses substances avec lesquelles il est le plus souvent mélangé d'une manière inextricable. Ces substances sont la blende ferrugineuse, la pyrite efflorescente, la galène, l'arsenic métallique et le cinabre. La blende est en petits amas d'un gris noir mat et à structure grenue. La pyrite n'est visible dans aucun échantillon, mais les essais démontrent sa présence. La galène n'est jamais apparente non plus, mais on la trouve en proportion assez grande dans les résidus de la calcination, ainsi qu'on le verra tout à l'heure. L'arsenic métallique est, comme la blende, disséminé en petits amas d'un gris noir et mat, mais il diffère de celle-ci en ce qu'il prend l'éclat métallique sous le frottement; il enveloppe presque toujours des particules cristallines de réalgar, mais il n'est combiné avec aucun métal. Quant au cinabre, on ne l'aperçoit que très-rarement en parties séparées, et les essais chimiques seuls ont pu en déceler la présence; la proportion en est d'ailleurs extrêmement variable.

Quand on calcine à la chaleur blanche le minerai rouge dans un creuset couvert, il reste une matière gris noir, magnétique, qui s'égrène sous la pression des doigts et qui se compose de sable quartzeux et de sulfures de fer, de zinc et de plomb, sans arsenic; dans une expérience, le minerai a donné 0,56 de ce résidu qui contenait :

Sable.	0,200
Protosulfure de fer. .	0,145
Sulfure de zinc. . . .	0,185
Sulfure de plomb. .	0,030

Lorsque l'on chauffe graduellement le minerai dans une cornue jusqu'à ramollissement du verre, il passe d'abord une petite quantité d'orpiment et bientôt après une substance d'un noir brun que l'on reconnaît être du cinabre et qui est presque toujours mélangé de gouttelettes microscopiques de mercure ; après quoi il se volatilise une grande quantité de réalgar pur, qui se dépose sur les parois du col sous forme de grosses gouttes transparentes d'un beau rouge de rubis, et enfin il vient souvent de l'arsenic métallique, mais il n'y en a pas dans tous les morceaux.

Quand on fond le minerai au creuset avec deux fois son poids de flux noir, il se produit une fumée arsenicale très-abondante. Si ensuite on délaye la scorie dans l'eau, on obtient une liqueur à peu près incolore, de laquelle les acides précipitent une quantité très-considérable d'orpiment. On ne trouve aucune grenaille de plomb dans le résidu.

Si au lieu d'ajouter au minerai deux fois son poids de flux noir, on n'en emploie que le cinquième, et si l'on opère dans une cornue, il passe immédiatement du mercure métallique en même temps qu'un peu d'orpiment, et ensuite de l'arsenic qui peut être suivi de réalgar si l'on chauffe très-fortement.

Chauffé avec son poids de chaux caustique et une égale quantité de charbon, il donne aussi du mercure, mais une partie du cinabre se sublime avant d'avoir pu être réduit, et quand la chaleur devient forte, il passe de l'arsenic métallique.

Avec deux fois son poids de peroxyde de fer natif réduit en poudre fine, le minerai donne d'abord un mélange d'orpiment et de mercure

métallique, puis du sulfure d'arsenic de couleur orange, et enfin du réalgar. En recueillant le mélange de mercure et d'orpiment et le lévigeant avec de l'eau acidulée d'acide muriatique, on peut en extraire le mercure pur réuni en un seul globule.

Mais le moyen le plus simple et le plus exact de faire l'essai de ce minerai pour rechercher la proportion de mercure qu'il contient, consiste à le chauffer dans une cornue avec addition de quatre à cinq fois son poids de litharge. Il se forme entre celle-ci et le sulfure d'arsenic un composé noir, fusible et scoriforme, tandis que le cinabre est décomposé en acide sulfureux et mercure coulant. Le mercure se dégage en totalité à une température peu élevée et vient se déposer dans la partie antérieure du col sous forme d'une rosée métallique reconnaissable à sa couleur gris blanc. La seule précaution qu'il soit nécessaire de prendre, pour que l'essai réussisse, est de chauffer la cornue graduellement et avec ménagement, afin d'éviter que l'action corrosive de la litharge ne la perce avant que l'opération soit terminée. J'ai trouvé par ce moyen que le minerai rouge produit depuis 2 jusqu'à 6 pour o/o de mercure, et que les morceaux qui contiennent le plus d'arsenic sont aussi les plus riches en mercure.

L'acide muriatique concentré et bouillant attaque le minerai d'Huanca-Vélica avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré, mais l'action est faible et il ne se dissout que du fer, du zinc et du plomb.

L'acide nitrique attaque ce minerai en agissant de préférence sur les sulfures de fer, de zinc, de plomb et d'arsenic; mais il ne peut pas oxyder la totalité de ces substances sans attaquer en même

temps une quantité notable de cinabre, surtout s'il il y a de l'arsenic métallique.

Lorsqu'on fait digérer le minerai rouge dans de l'ammoniaque, il se dissout du sulfure d'arsenic, mais la quantité en est petite et l'on ne pourrait pas le séparer par ce moyen. L'hydrosulfate d'ammoniaque dissout très-aisément, surtout à l'aide d'une douce chaleur, toute la partie du sulfure que l'efflorescence a amenée à l'état pulvérulent, mais il n'agit pas sur l'arsenic et il n'agit que faiblement sur le réalgar en grains cristallins. Si l'on ajoute de la fleur de soufre à l'hydrosulfate, toutes les matières arsenicales se dissolvent et la gangue reste avec les autres sulfures; cependant une partie du cinabre peut se dissoudre en même temps, et ce moyen de le séparer de l'arsenic ne paraît pas pouvoir donner des résultats exacts.

La potasse caustique transforme immédiatement tout le sulfure d'arsenic contenu dans le minerai en orpiment, qui se dissout, et en sous-sulfure brun, qui reste toujours en suspension dans la liqueur. En décantant cette liqueur après quelques instants de repos et avant qu'elle se soit clarifiée, tout le sous-sulfure est entraîné, et en chauffant dans une cornue le résidu lavé et desséché, s'il ne renferme pas d'arsenic métallique, il s'en dégage du cinabre pur, ou qui n'est mêlé que d'une très-petite quantité d'orpiment. Si, au lieu de décanter la liqueur trouble, on y ajoute de la fleur de soufre, tout le sous-sulfure d'arsenic, amené à l'état d'orpiment, et l'arsenic métallique se dissolvent également; mais, ainsi que je l'ai déjà dit, il paraît impossible d'éviter qu'il se dissolve en même temps une certaine quantité de sulfure de mercure.

En traitant par de l'acide nitrique pur la partie du minéral qui ne se dissout pas dans la potasse caustique, on peut assez aisément enlever tout le sous-sulfure d'arsenic sans attaquer le cinabre; mais quand le minerai renferme de l'arsenic métallique, pour dissoudre celui-ci, il faut employer de l'acide nitrique concentré et le faire bouillir pendant longtemps, et alors il arrive le plus souvent que la presque totalité du cinabre est attaquée en même temps et transformée en arséniate.

Il résulte de tout ce qui vient d'être dit que le seul moyen à la fois simple et exact de déterminer la proportion de mercure que renferme le minerai de Huanca-Vélica consiste à chauffer le minerai dans une cornue de verre avec addition de quatre à cinq fois son poids de litharge. On pourrait cependant encore chauffer le minerai dans une cornue avec le quart de son poids de flux noir, et débarrasser le mercure que l'on recueillerait de l'arsenic qu'il pourrait contenir en le chauffant de nouveau dans une petite cornue, après l'avoir mélangé avec une ou deux fois son poids de litharge : la litharge retiendrait l'arsenic, en donnant naissance à de l'arsenite de plomb, et le mercure se dégagerait à l'état de pureté.

Lorsqu'on soumet à la lévigation le minerai rouge pulvérisé et passé au tamis de soie, une partie de la poudre reste très-longtemps sans se mouiller, et la portion de minerai qui se tient en suspension dans l'eau pèse environ 50 p. 0/0. Si on lave ensuite le résidu à l'augette, on obtient 0,15 de gros schlich et 0,35 de schlich menu. La matière tenue en suspension renferme toute l'argile du minerai avec une petite quantité de blende

et une quantité très-considérable de sulfure d'arsenic; mais elle ne contient qu'une proportion insignifiante de cinabre et d'arsenic métallique. Le schlich menu contient beaucoup de quartz et de sulfure d'arsenic, mais il ne renferme non plus que peu de cinabre et d'arsenic métallique. Ces deux substances se concentrent dans le gros schlich; mais celui-ci retient encore du réalgar en petits grains cristallins et des sulfures de plomb, de zinc et de fer. Si dans le traitement en grand on jugeait convenable d'avoir recours au lavage, on ne devrait donc considérer cette opération que comme un moyen de concentration.

Quant au meilleur mode à suivre pour ce traitement, il faudrait, pour pouvoir l'indiquer avec certitude, connaître toutes les conditions de la localité. Quoi qu'il en soit, je pense que l'on pourrait soumettre le minerai à la distillation, soit immédiatement, soit après l'avoir lavé, en procédant par l'un ou l'autre des moyens que voici : 1° on chaufferait lentement et graduellement, et seulement jusqu'au point suffisant pour sublimer tout le cinabre avec une certaine portion du sulfure d'arsenic; puis on soumettrait le résidu à une seconde distillation en chauffant plus fortement. De cette manière on extrairait du minerai d'abord du cinabre et ensuite une grande quantité de réalgar pur qui serait suivie d'un peu d'arsenic métallique dont on le séparerait aisément par le triage.

2° On chaufferait graduellement, et en donnant à la fin un coup de feu assez fort pour volatiliser la totalité du sulfure d'arsenic, mais en maintenant les tuyaux de condensation à un tel degré de refroidissement que le réalgar ne pût pas s'y

maintenir à l'état liquide, et qu'il restât fixé sur les parois de la portion de l'appareil la plus voisine du fourneau. Dès lors tout le cinabre se trouverait dans la partie antérieure de cet appareil, mélangé d'une faible proportion de sulfure d'arsenic, et il pourrait être recueilli séparément.

Resterait dans tous les cas à traiter le cinabre arsenical pour en extraire le mercure métallique. Si ce cinabre était très-impur, on ferait probablement bien de le distiller une seconde fois à une chaleur ménagée pour en séparer la plus grande partie du réalgar; après quoi on le réduirait par l'un des moyens connus, savoir: le grillage, le fer métallique, le peroxyde de fer, les matières alcalines, etc. Si l'on employait les matières alcalines (carbonate de soude, potasse, flux noir, tartre, etc.), l'expérience ferait promptement connaître la proportion la plus convenable, proportion qui ne pourrait pas être considérable, et en lavant la scorie dans l'eau on obtiendrait une dissolution qui, étant saturée par un acide, donnerait tel sel alcalin que l'on voudrait avoir, et un précipité d'orpiment très-léger et de la plus belle teinte, qui serait probablement recherché dans les arts.

Le mercure ainsi préparé serait probablement encore souillé d'un mélange mécanique de sulfure d'arsenic ou d'arsenic métallique. L'agitation dans l'eau suffirait certainement pour que la plus grande partie se rassemblât à l'état de pureté. Le surplus serait traité de nouveau comme le cinabre, ou bien même on le purifierait en le distillant avec de la litharge pour qu'il n'y restât pas trace d'arsenic. Le résidu plombeux, étant réduit, donnerait du plomb qui serait très-propre à être granulé.

72. *Sur les* SÉLÉNIURES CUPROPLOMBIQUES *de Tannenglasbach, près d'Hilburghausen*; par M. Kersten. (Ann. de Pog., t. 46, p. 315.)

Il y a deux minéraux différents, l'un composé de $2PbSe + CuSe$, et l'autre composé de $4PbSe + CuSe$. Ils sont accompagnés de sélénite plombique, qui se présente sous forme de mamelons d'un jaune de soufre, d'un éclat gras et à structure fibreuse.

---

73. *Analyse de la* GÉOKRONITE *de Suède*, par M. H. Rose. (Ann. de Pog., 1840, p. *535*.)

Ce minéral vient des mines de Sala et de Torgschakts. On l'avait confondu jusqu'à présent avec le weissgultigerz. Le plus souvent il est compacte et n'offre pas de clivages : sa cassure est inégale; il est de couleur gris de plomb. Sa dureté est comprise entre celle du spath calcaire et celle du mica. Sa p. sp. est de 5,88. Au chalumeau, il donne la réaction de l'arsenic et du plomb; il fond à la flamme d'une bougie; à l'aide d'une faible chaleur, il est complétement attaqué par le chlore gazeux. Il a donné à l'analyse :

		prenant soufre.	
Plomb.	0,66452	0,10171	0,11243–5
Cuivre.	0,01514	0,00770	
Fer.	0,00417	0,00217	
Zinc.	0,00111	0,00055	
Argent, bismuth.	traces.		
Antimoine. . . .	0,09576	0,03583	0,06602–3
Arsenic.	0,04695	0,03019	
Soufre.	0,16262		
	0,99027		

Sa formule est par conséquent $\dot{\mathrm{Pb}}^4 (\dddot{\mathrm{Sb}}, \dddot{\mathrm{As}})$.

Les combinaisons de sulfures métalliques, connues jusqu'à présent, présentent la variété de combinaisons suivantes :

Zinkénite, Berthiérite, Miargyrite,	$\dot{r}\,\dddot{R}$
Plagionite.	$\dot{r}^4\,\dddot{R}^3$
Jamesonnite.	$\dot{r}^3\,\dddot{R}^2$
Federerz.	$\dot{r}^2\,\dddot{R}$
Pyrargyrite.	$\dot{r}^3\,\dddot{R}$
Géokronite.	$\dot{r}^5\,\dddot{R}$
Sprodglazerz.	$\dot{r}^6\,\dddot{R}$
Polybasite.	$\dot{r}^9\,\dddot{R}$
Falherz.	$\dot{r}^4\,\dddot{R} + 2\dot{r}^4\,\dddot{R}$

---

74. *Analyse de la* KOBELLITE *des mines de cobalt d'Hyvernay*; par M. Setterberg. (Rap. an. de M. Berzélius, 1840, p. 118.)

Ce minéral ressemble au sulfure d'antimoine. Sa structure est rayonnée, il donne une poussière noire. Sa p. sq. est de 6,29 à 6,52. L'acide hydrochlorique concentré l'attaque complétement avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Il est composé de :

Sulfure antimonique.	0,1270
Sulfure plombique.	0,4636
Sulfure bismuthique.	0,3318
Sulfure ferreux.	0,0472
Sulfure cuivreux.	0,0108
Gangue.	0,0145
	0,9949

Sa formule est $3\,FS + 2\,Sb^2S^3 + 12\,(PS, BS)$.

---

75. *Recherche de l'*ARGENT *dans les* GALÈNES *crues et grillées*, par M. P. Berthier.

L'argent contenu dans les galènes s'y trouve soit à l'état de sulfure, soit à l'état natif; *il doit donc* toujours se dissoudre en totalité dans l'acide nitrique; c'est ce qui arrive effectivement, mais l'on remarque qu'il n'est pas attaqué immédiatement par cet acide et qu'il ne commence à se dissoudre qu'après que la galène a été presque complétement dissoute elle-même.

On a pris 10 grammes d'une galène du Mexique, fort riche et contenant 0,0090 d'argent un peu aurifère; on les a traités par de l'acide nitrique bien pur, que l'on a employé par doses successives, en décantant la liqueur avant chaque reprise, et on a ajouté de l'acide muriatique en petite quantité à chacune de ces liqueurs. La première, qui renfermait la presque totalité du plomb, ne contenait pas la moindre trace d'argent; la seconde, au contraire, en contenait beaucoup, et la troisième encore un peu. Le résidu, bien lavé et desséché, pesait 3,50 gr. : il se composait de gangue et de sulfate de plomb. Fondu avec de la litharge et du charbon, il a donné un

petit culot de plomb, qui, par coupellation, a laissé un bouton d'or argentifère pesant $0^{gr.},007$ = 0,0007.

Le chlorure d'argent précipité ayant été mêlé avec un gramme de litharge et du charbon, a été enveloppé dans une petite feuille de plomb et coupellé immédiatement : l'opération a bien marché, et il est resté 0,08 d'argent = 0,0080.

Quoique les détails de l'expérience soient minutieux, la perte a été très-faible. Quant à l'argent qui est resté avec l'or, il est probable que cela provient de l'extrême difficulté qu'on éprouve, dans les grands laboratoires, à éviter absolument la présence des chlorures ou des vapeurs muriatiques.

Lorsque la galène est mélangée avec une forte proportion de pyrite, et qu'on la grille à une température peu élevée, jusqu'à ce qu'elle n'exhale plus l'odeur d'acide sulfureux, la presque totalité du sulfure de plomb se convertit en sulfate; mais tout l'argent reste dans la matière grillée à l'état métallique.

Du minerai de Saint-Santin (Cantal) à l'état de schlich, imparfaitement lavé, et composé d'environ :

Galène.	0,430
Pyrite.	0,120
Blende ferreuse.	0,080
Carbonate de fer.	0,180
Quartz, argile, mica. . .	0,190
	1,000

ayant été grillé en grand dans un four à réverbère, avec addition de pyrites, on a obtenu une matière pulvérulente, d'un rouge sale, composée comme il suit :

Sulfate de plomb.	0,563
Oxyde de plomb.	0,007
Sulfure de plomb.	0,033
Oxydes de fer et de zinc.	0,216
Quartz, argile, etc. . . .	0,176
	0,995

et elle ne contenait pas trace de silice gélatineuse ou de silicate de plomb; mais, pour arriver à un pareil résultat, et pour qu'une proportion plus considérable de galène n'échappe pas au grillage, il faut conduire l'opération avec un extrême soin, cribler le schlich, et griller de nouveau les parties agglomérées, après les avoir écrasées sous des meules.

Cette matière, fondue avec deux parties de flux noir, donne 0,36 de plomb qui, par *coupellation*, laisse 0,0016 d'argent. Quand, après l'avoir bien lavée, pour lui enlever jusqu'aux plus petites traces de chlorures solubles qu'elle pourrait contenir, on la traite par de l'acide nitrique pur, tout l'argent se dissout sans difficultés; l'expérience suivante prouve d'ailleurs que cet argent s'y trouve en totalité à l'état métallique. 20 gr. de schlich grillé ont été tenus en ébullition avec un excès de carbonate d'ammoniaque pendant un certain temps; puis on a filtré et bien lavé le résidu avec de l'ammoniaque; ensuite toutes les liqueurs ont été réunies, évaporées à sec, et l'on a fondu le sulfate d'ammoniaque qui est resté avec 50 gr. de litharge et un peu de charbon : on a obtenu ainsi un culot de plomb pesant 5 gr.; mais ce culot, qui aurait dû contenir de l'argent, si la matière grillée eût renfermé du sulfate de ce métal, n'en a laissé, par la coupellation, qu'un grain à peine visible.

Au nombre des essais métallurgiques importants que M. Becquerel a eu l'idée de faire, on doit citer le grillage de la galène avec addition de pyrites et de sel marin. Il s'est servi du schlich de Saint-Santin ; et après lui avoir fait subir un premier grillage, sans addition, il l'a grillé une seconde fois, en y mêlant une certaine quantité de pyrites et environ le dixième de son poids de sel marin. L'opération s'est effectuée sans aucune difficulté, et la sulfatisation du plomb a été à peu près complète.

En lavant ce schlich grillé avec de l'eau froide, à petites doses successives, on enlève les sels alcalins qu'il contient, et vers la fin, l'eau dissout un peu de chlorure de plomb, mais la quantité en est très-petite. Les sels alcalins se composent d'un mélange, à parties égales à peu près, de sel marin et de sulfate de soude, ce qui montre que, dans l'opération, la moitié du sel environ a dû être décomposée par l'acide sulfurique avec dégagement de chlore.

Si l'on porphyrise exactement la matière avant de la laver, et si l'on achève le lavage avec de l'eau bouillante, il n'y reste pas trace de chlorures solubles. Dans cet état, l'acide nitrique pur ne lui enlève pas du tout d'argent ; mais, au contraire, le carbonate d'ammoniaque le lui enlève à peu près en totalité. Ayant, dans une expérience, traité ainsi 10 gr. de matière par du carbonate d'ammoniaque, et ensuite par de l'acide acétique, pour dissoudre l'oxyde de plomb devenu libre, on a eu un résidu terreux et ferrugineux, qui, fondu avec de la litharge et du charbon, n'a donné que 0,0015 gr. d'argent = 0,00015.

Ainsi, dans le grillage de la galène argentifère avec du sel marin, tout l'argent est chloruré,

lorsque le grillage est complet, et cela sans qu'il se produise une quantité notable de chlorure de plomb.

Une matière ainsi préparée pourrait, sans aucun doute, être tournée au *caso* avec du mercure tout comme les minerais d'argent chlorurés ordinaires.

---

76. *Examen d'un* MINERAI D'ARGENT *du Pérou*, par M. P. Berthier.

Ce minerai vient de la mine de Santa-Rosa, qui se trouve à peu de distance du port d'Itique. Il paraît qu'il forme la salbande des filons. *On l'amasse en tas sur les haldes, parce que l'on ne peut pas*, dit-on, en extraire l'argent *par le procédé habituel d'amalgamation*.

C'est un calcaire argileux, compacte, réduit en poudre grossière, dont les grains ont, tout au plus, les dimensions d'un pois. Il est d'un gris pâle ou d'un rouge de brique peu foncé. On y distingue çà et là des noyaux de quartz blancs laiteux, et les morceaux sont souvent mouchetés de grains de cuivre carbonaté vert; mais on n'y aperçoit pas la moindre trace de substances métalliques.

Essayé avec de la litharge et du charbon, il a donné 0,0041 d'argent.

Après qu'il a été mis en digestion dans l'ammoniaque, il n'en donne plus que 0,0018, et la liqueur contient du chlorure d'argent et une petite quantité de cuivre. Dans une autre expérience, après avoir traité 100 gr. de minerai par l'acide muriatique bouillant, employé en excès, on a fait digérer le résidu avec de l'ammoniaque, et on l'a bien lavé. La liqueur ammoniacale, saturée

d'acide, a donné un précipité brun, qui se composait de chlorure d'argent, mélangé d'une petite quantité de matière organique.

La partie non dissoute par l'acide muriatique était du quartz presque pur; mais, à l'aide de la loupe, on y distinguait çà et là quelques particules métalliques blanches qui ne pouvaient être que de l'argent natif. En traitant cette matière par de l'acide nitrique pur, il s'est dissous effectivement de l'argent, et, après cela, le résidu n'en a plus donné, à l'essai, que les 0,0007 de son poids, ce qui équivaut à 0,00024 tout au plus du poids du minerai brut. Il est probable que cette petite portion d'argent qui échappe à l'action de l'acide se trouve enveloppée dans les grains de quartz. Le minerai se compose de :

Carbonate de chaux. .	0,52
Oxyde de fer.	0,15
Quartz et argile. . . .	0,33
	1,00

et il contient 0,0018 d'argent natif et 0,0030 de chlorure d'argent.

Il serait très-facile de le traiter en grand, en le soumettant immédiatement à l'amalgamation au *caso*, après l'avoir réduit en farine.

77. *Examen des principaux* MINERAIS D'ARGENT *du Mexique*; par M. P. Berthier.

L'exploitation de mines est toujours en grande activité au Mexique. On porte à plus de cent millons la valeur de l'argent que l'on en extrait actuellement chaque année. Les minerais ne sont pas très-riches; mais ils sont répandus dans le pays avec

une telle abondance que l'on pourrait, sans crainte de les épuiser de longtemps, augmenter de beaucoup les produits si l'on disposait de moyens d'exploitation plus puissants.

Les divers minerais diffèrent peu les uns des autres par leur nature. Ils consistent en général en quartz compacte, opaque ou faiblement translucide, d'un blanc de lait ou nuancé de gris et moucheté ou veiné de matières métalliques. La pyrite de fer ordinaire domine toujours parmi ces matières, mais elle est fréquemment accompagnée de blende brune ou tout à fait noire, de mispickel et de galène, et elle renferme en outre, le plus souvent à l'état de dissémination extrême, de l'argent natif, de l'argent sulfuré et de l'argent rouge. Il paraît que le chlorure d'argent ne s'y rencontre que très-rarement. Les minerais pauvres en matières métalliques sont soumis à l'amalgamation; ceux dont la richesse est grande et que l'on désigne sous le nom de *métal négro* sont traités par voie de fusion.

Les gîtes principaux du Mexique sont ceux de Guanaxuato, de Véta Grande, de San Clémente, de Pachuca et de Fresnillo.

M. Duport, habile industriel français, établi au Mexique depuis quelques années, ayant envoyé à Paris une quantité considérable de tous ces minerais, broyés chacun séparément pour être soumis à diverses expériences en grand, j'ai pu me procurer des échantillons qui en représentent exactement la composition moyenne.

1. *Minerai de Guanaxuato*. Ce minerai est à peine moucheté de pyrites et presque uniquement dans les parties grises.

Fondu avec 25 p. de litharge il n'a produit que

0,18 de plomb qui par coupellation a laissé 0,0014 d'argent. Fondu avec 25 p. de litharge et un peu de charbon, de manière à lui faire produire 1,5 de plomb, il a donné à l'essai 0,0028 d'argent, ce qui exprime sa véritable richesse.

1000gr. de schlich simplement passés au tamis de crin, ayant été lévigés et lavés à l'augette à main on en a extrait :

Schlich pyriteux pur. . . .	17 gr.
Boue tenue en suspension. .	523
Quartz enlevé à l'augette. . .	460
	1,000

Le schlich est essentiellement composé de pyrite ordinaire, mais il contient en outre, d'une manière visible, de la galène; de la blende brune et du mispickel, etc.; fondu avec 25 p. de litharge, il produit 6,3 de plomb, qui par coupellation laisse 0,08 d'argent. Lorsqu'on le traite par l'acide muriatique concentré et bouillant, et ensuite par l'ammoniaque, il perd un quart de son poids et il se dissout du zinc, du fer, du plomb et de l'argent. Le résidu donne ensuite à l'essai 0,027 d'argent. Il y en avait donc 0,053, ou les deux tiers du total environ, qui s'y trouvait dans un état tel qu'il pouvait se convertir en chlorure par l'action de l'acide muriatique, probablement à l'état de sulfure; le reste doit être à l'état métallique.

Les boues telles qu'on les a obtenues auraient pu encore fournir du schlich pur et du quartz par une lévigation extrêmement soignée. Fondues avec 25 de litharge, elles ont donné 0,30 de plomb, qui par coupellation a laissé 0,0014 d'argent. Avec 25 p. de litharge et une quantité de charbon suffisante pour que l'on obtienne 3 p. de plomb, le résultat

de la coupellation est le même. En les traitant successivement par l'acide muriatique bouillant et par l'ammoniaque et les soumettant ensuite à l'essai, elles ne donnent plus que 0,0002 d'argent tout au plus; d'où il suit qu'elles contiennent 0,0012 de ce métal à l'état de sulfure.

Le quartz a donné à l'essai 0,0010 d'argent. On aurait pu encore en extraire une petite quantité de schlich métallique par un second lavage.

En récapitulant, on trouve que le minerai a fourni les proportions suivantes d'argent :

Schlich métallique. .	0,017	à 0,0800	0,00136
Boues.	0,564	à 0,0015	0,00093
Quartz.	0,460	à 0,0010	0,00046
		Total. . . .	0,00253

On voit par là que l'argent *métallique se concentre* dans le schlich, et que l'argent contenu dans les boues s'y trouve presque en totalité à l'état de sulfure.

Le minerai ne doit contenir qu'environ *0,03* de substances métalliques : on pourrait en extraire au moins les trois quarts par le lavage et n'en laisser qu'une quantité insignifiante dans le quartz.

2° *Minerai de la Véta Grande.* Il ressemble au précédent, mais la pyrite qu'il contient s'y trouve plutôt par veines que par mouches et l'on y voit distinctement de la blende brune. Le quartz a quelquefois la couleur du quartz améthiste.

Ce minerai donne 0,00180 d'argent à l'essai.

Par la lévigation et le lavage à l'augette, on en extrait du schlich, des boues et du quartz dans la proportion et de la richesse suivante :

Schlich métallique. .	0,038	à 0,0178	0,00067
Boues.	0,562	à 0,0016	0,00090
Quartz.	0,400	à 0,0007	0,00028
			0,00185

Il doit contenir plus de sulfure d'argent que d'argent natif.

3° *Minerai de San Clemente*. Ce minerai est très-riche et se compose presque de pyrite pur. On le traite par l'amalgamation, parce qu'il ne contient que très-peu de métaux étrangers. Il donne à l'essai 0,0047 d'argent. Par le lavage on en extrait :

Schlich pur.	0,40 à 0,0060	d'argent	0,0024
Boues peu quartzeuses.	0,60 à 0,0037		0,0022
		Total. . .	0,0046

4° *Minerai de Pachuca*. C'est un quartz un peu carié, à petites cavités dans lequel on distingue à peine quelques particules métalliques. On dit qu'il représente exactement la masse moyenne des minerais que l'on traite au Mexique par l'amalgamation avec addition de magistral.

A l'état brut il donne à l'essai 0,00235 d'argent. Après qu'il a été successivement traité par l'acide muriatique et l'ammoniaque, il n'en donne plus que 0,0006; d'où il suit que ce métal s'y trouve pour les trois quarts à l'état de sulfure.

5° *Minerai de Fresnillo*. La mine de Fresnillo fournit une assez grande quantité de *métal négro* qui est en général fort riche, et en outre du minerai d'amalgamation et du minerai ocreux que l'on désigne sous le nom de *Colorado*

Métal négro.— La blende lamellaire brune ou d'un gris noir domine en général dans le métal négro; vient ensuite la pyrite ordinaire, puis la galène à facettes moyennes, et enfin le mispickel qui, le plus souvent, est comme fondu dans la pyrite. Ces quatres espèces métalliques sont mélangées entre elles et avec du quartz en toutes

sortes de proportions et d'une manière inextricable, et elles admettent en outre de l'argent natif, de l'argent sulfuré et de l'argent rouge antimonial qui, quoiqu'en faible proportion, donnent au minerai toute sa valeur.

Un échantillon de métal négro, riche en argent, a été trouvé contenir environ 0,27 de blende noire entièrement soluble dans l'acide muriatique, 0,20 de pyrite, 0,08 de galène, 0,04 de mispickel et 0,36 de quartz. A l'essai direct il a donné 0,045 d'argent; mais après avoir été traité par l'acide muriatique et par l'ammoniaque, il n'en a plus donné que 0,0327, d'où il suit qu'il y en avait 0,0123 que l'acide muriatique avait *transformé* en chlorure; celui-ci devait se trouver *dans le* minerai à l'état d'argent rouge, car la liqueur muriatique renfermait une quantité très-notable d'antimoine.

Ce minerai ayant été pilé, tamisé et soumis au lavage à l'augette, on en a extrait :

0,31	de schlich riche très-pyriteux,
0,33	de boues tenues en suspension dans l'eau, et
0,36	de quartz pur.
1,00	

Le schlich fondu, avec 16 p. de litharge et 1 p. de nitre, a produit 2 p. de plomb, qui, par coupellation, ont laissé 0,1059 d'argent, plus que le double du minerai brut. Traité successivement par l'acide muriatique et l'ammoniaque, il s'est réduit à 0,60, et il a donné encore après cela 0,0980 d'argent, d'où il suit qu'il n'y en avait eu que 0,0079 de chloruré.

Les boues, fondues avec 15 p. de litharge, ont produit 2 de plomb, qui, par coupellation, ont

laissé 0,0422, à peu près autant que le minerai brut. Par l'action de l'acide muriatique et de l'ammoniaque, elles se sont réduites à 0,59, et elles n'ont donné à l'essai que 0,0260 d'argent, elles contenaient donc 0,0162 de ce métal à l'état de combinaison.

En définitive, on a :

0,31	schlich	à 0,1059	d'argent. . .	0,0328
0,33	boues	à 0,0422	. . . .	0,0130
				0,0458

Ces expériences montrent que l'argent rouge très-fragile passe pour la plus grande partie dans les boues, et que le schlich ne retient presque que de l'argent métallique.

Minerai d'amalgamation. — On a trouvé dans un échantillon de minerai d'almalgamation de Fresnillo, broyé et préparé sur les lieux, 0,60 de quartz et argile, 0,25 de pyrite, 0,10 de blende, 0,03 de mispikel, 0,01 de galène, et 0,0023 d'argent.

On l'a lavé à l'augette et on en a obtenu :

0,183 de schlich,
0,432 de boues tenues en suspension, et
0,385 de quartz pauvre.
1,000

A l'essai, le schlich a donné 0,0046 d'argent, et les boues 0,028. D'après cela, on a pour une partie de minerai :

0,183	schlich	à 0,0046	d'argent. .	0,00085
0,432	boues	à 0,0028	. . . . . .	0,00121
				0,00206
La différence.				0,00024

représente la quantité d'argent que retient le

quartz. Ce métal doit se trouver dans le minerai, pour la plus grande partie à l'état de sulfure et d'argent rouge, puisque la plus forte proportion passe dans les boues.

Colorado. — Le colorado porte ce nom parce qu'il est fortement coloré : sa couleur est le jaune d'ocre ; il est en poudre et en morceaux irréguliers, de la grosseur d'une noisette tout au plus. Il se compose de quartz grisâtre ou même noirâtre, de même nature que celui qui sert de gangue au *métal negro*, et qui est imprégné d'hydrate de fer dans toutes les cavités. Lorsque après l'avoir broyé on le traite par l'acide muriatique, il se dissout 0,125 d'hydrate de *fer pur*, et alors, en examinant le résidu *pierreux à la* loupe, on y distingue çà et là quelques particules métalliques, mais en très-petite quantité.

Le minerai ne contient pas de chlorure d'argent. Fondu avec 10 parties de litharge, il ne donne que 0,06 de plomb, qui, par coupellation, laissent 0,0015 d'argent ; mais la perte d'argent est considérable ; car, en ajoutant à la litharge une quantité de charbon suffisante pour qu'elle produise 1,3 de plomb, le culot, soumis à la coupellation, donne 0,0027 d'argent. C'est là la véritable teneur du minerai.

Galène. — Quand on rencontre dans la mine de Fresnillo des nids et des veines de galène, on la trie avec soin et on la traite par voie de fusion pour en extraire l'argent ; elle en contient, terme moyen, 0,005 : elle n'est jamais pure, et elle renferme en mélange de la pyrite de fer, du cuivre pyriteux, du quartz et du carbonate de chaux.

Le traitement auquel on la soumet paraîtra fort extraordinaire en Europe, et il est effectivement

loin d'être bien entendu. On la fait fondre, sans grillage préalable, dans un petit fourneau à manche, avec addition de litharge et de carbonate de soude, et on coupelle le plomb que l'on obtient. La coupellation fournit la litharge nécessaire pour une autre opération, en sorte qu'en définitive tout le plomb du minerai est perdu.

On trouve le carbonate de soude que l'on emploie dans une lagune à huit lieues de Fresnillo, et à vingt-cinq de Zacatécas. Cette matière porte dans le pays le nom de *tequequite*; elle est en petits grains d'un blanc sale, et se compose de :

Carbonate de soude (anhydre). . . .	0,516
Sulfate de soude (anhydre).	0,153
Sel marin.	0,045
Eau.	0,246
Matières terreuses.	0,030
	0,990

L'analyse montre que les sels qu'elle contient ont perdu, par efflorescence, plus de la moitié de l'eau qu'ils renferment à l'état cristallin. Cette matière est sans doute le résultat de l'évaporation spontanée de l'eau de quelques sources minérales.

Magistral. — On sait que pour opérer l'amalgamation par la méthode du Nouveau-Monde, on ajoute aux tas de minerais une matière métallique sulfatée qui est désignée sous le nom de *magistral*, et du sel marin. On prépare le magistral avec un minerai de cuivre que l'on exploite, pour cet usage seulement, à Mazapil. C'est un mélange, en toutes sortes de proportions, de cuivre pyriteux, de pyrite de fer, de cuivre silicaté, de cuivre carbonaté vert et bleu, d'hydrate de fer compacte, de quartz, d'une matière verdâtre inattaquable par l'acide muriatique, qui ressemble

à de la chlorite, et d'un peu de chaux carbonatée. Pour transformer ce minerai en magistral, on le chauffe dans un four à réverbère, et on l'abandonne à lui-même aussitôt que le grillage de la masse est commencé ; on obtient ainsi une poudre d'un beau rouge d'ocre, d'apparence homogène, mais qui est un mélange de matières solubles dans l'eau et de matières qui ne s'y dissolvent pas. Les matières solubles sont des sulfates neutres, dans lesquels domine beaucoup le sulfate de cuivre. Les matières insolubles contiennent une petite quantité de sous-sulfate. Un échantillon de magistral, pris dans les magasins d'amalgamation, au Mexique, a donné à l'analyse :

Sulfate de cuivre anhydre. .	0,180	Matières solubles.
Sulfate de chaux.	0,035	
Sulfate de fer.	0,005	
Peroxyde de fer.	0,250	
Oxyde de cuivre.	0,040	
Acide sulfurique.	0,008	
Gangue pierreuse.	0,432	
Eau.	0,050	
	1,000	

La gangue pierreuse renfermait de la matière verte chloritée et du quartz, et elle contenait en outre un reste de pyrite, mais dont la proportion ne s'élevait pas à un centième.

On voit que le grillage pour sulfatisation est exécuté aussi bien que possible au Mexique, puisqu'il ne laisse guère dans la partie insoluble que le tiers du cuivre. Seulement on devrait prendre la précaution d'enlever par le triage, le plus qu'il se pourrait de carbonate de chaux, qui absorbe, au détriment du cuivre, une partie de l'acide sulfurique auquel le grillage donne naissance.

Sel. — Le sel dont on se sert pour l'amalgamation n'est pas extrait de l'eau de la mer; il provient des lagunes qui se trouvent à Penon-Blanco, à quarante lieues de Saint-Louis Potosi. On le recueille au fond de ces lagunes à l'époque de l'année où elles sont complétement desséchées. On le désigne sous le nom de *saltierra*; il est fort impur, ainsi que le montre l'analyse suivante; on y trouve :

Sel marin.	0,192
Sulfate de soude anhydre. . .	0,022
Carbonate de chaux.	0,136
Id. de magnésie.	0,016
Argile et sable.	0,462
Oxyde de fer.	0,098
Eau, matières organiques. . .	0,076
	1,000

78. *Analyse du* SCHILFGLASERZ; par M. Wœhler. (An. de Pog. t. 46, p. 146.)

Ce minéral est cristallisé en prisme à six pans, terminé par une seule ou par deux faces et qui dérive d'un prisme quadrangulaire oblique, dont l'inclinaison des côtés est de 91,189. Il est gris d'acier ou gris de plomb, à cassure conchoïde ou inégale. Le gaz hydrogène le décompose en lui enlevant son soufre, ce qui arrive à tous les hyposulfantimonites ainsi qu'aux hyposulfarsenites. Il est composé de :

Argent.	0,2295	5 atomes.
Plomb.	0,3027	7
Antimoine. . . .	0,2738	5
Soufre.	0,1874	27
	0,9934	

76. *Sur l'existence du* BRÔMURE D'ARGENT *natif au Mexique et au Huelgoät, en France*; par M. P. Berthier.

Minerai du Plateros. Le district de Plateros, qui est situé à 17 lieues de Zacatecas, et à une lieue et demie au nord de Fresnillo, se distingue des autres districts de mines par la nature du minerai qu'il renferme. L'argent qui existe dans ce minerai s'y trouve à deux états différents; premièrement, natif et disséminé en petites parties dans une masse grise compacte très-plombeuse que les Mexicains désignent alors sous le nom de *Plata azul* (argent bleu); secondement, et principalement à l'état d'une combinaison qui se présente en petits cristaux vert olive et jaunâtre, que l'on appelle *Plata verde* (argent vert), combinaison que l'on croyait être du chlorure d'argent, et que j'ai reconnu être du brômure parfaitement pur.

Le district de Plateros forme un plateau qui est entouré de grandes plaines, mais qui n'est pas très-élevé au-dessus de celles-ci. Il est occupé tout entier par une roche calcaire, à travers laquelle s'élèvent çà et là de petites buttes de schiste argileux veiné de quartz. Ces veines sont regardées par les mineurs comme des indices de l'existence des filons. L'exploitation de ce district est peu importante, parce que l'abondance des eaux s'oppose à ce que l'on porte les travaux à une grande profondeur: Jusqu'ici, il n'a été possible nulle part de foncer des puits qui atteignent jusqu'à cent mètres. Dans ce moment, il n'y a qu'une seule exploitation en activité dans la région du Plateros; c'est celle de *San Onofe*; elle produit chaque semaine 120 à 150 marcs d'argent. On y traite le minerai par

la méthode du Cazo, c'est-à-dire en l'amalgamant immédiatement à chaud dans des chaudières à fond de cuivre, avec addition de sel marin et de mercure.

L'échantillon que j'ai examiné a été pris à San Onofe, par M. Duport, qui a eu la complaisance de me le remettre, sur un tas de minerai préparé pour être broyé. Il était compacte, d'un gris un peu rougeâtre, à cassure inégale luisante, ponctué de petites cavités dont les unes sont en partie remplies d'une matière mate d'un jaune pâle, que les mineurs appellent oxyde de plomb, et dont les autres contiennent des cristaux très-petits, mal formés, mais brillants, d'un vert olive pâle, qui ont tout à fait l'aspect du chlorure d'argent : cet échantillon était fort riche, car il a donné à l'essai 0,0688 d'argent. Il contenait 0,45 de carbonate de plomb, qui, mêlé intimement avec du quartz et un peu d'oxyde de fer, en formait la masse principale. En le fondant avec deux parties de flux noir, il a donné 0,43 de plomb argentifère; mais à la coupellation, le culot n'a laissé que 0,0650 d'argent : pour éviter les pertes, il faut nécessairement ajouter dans l'essai du plomb ou de la litharge, qui appauvrisse l'œuvre à un point convenable.

Bien que le morceau analysé ne renfermât pas d'argent métallique, puisque l'acide nitrique pur n'en dissolvait pas la moindre trace, en le faisant digérer à diverses reprises dans de l'ammoniaque employée en excès et à chaud, il restait encore près de cinq sixièmes de métal fin dans le résidu, et l'on distinguait aisément dans celui-ci le mélange de poudre verdâtre qui n'avait été qu'incomplétement attaquée. C'est cette circonstance qui a

appelé mon attention sur le minerai de Plateros, et qui m'a conduit à reconnaître que la matière que l'on prenait pour du chlorure d'argent est du brómure pur, sans mélange de chlorure ni d'iodure, substance qui ne s'était pas encore rencontrée dans le règne minéral, et qui constitue par conséquent une espèce nouvelle.

En traitant successivement le minerai, réduit en poudre, par de l'acide acétique et de l'acide oxalique bouillants, on en sépare le carbonate de plomb et l'oxyde de fer, et il ne reste que du quartz un peu argileux, au milieu duquel on distingue les petits grains de brómure. On peut extraire de ce résidu le brômure presqu'à l'état de pureté, au moyen d'un lavage à l'augette fait avec soin.

L'extraction de ce brômure peut se faire encore plus promptement en traitant le minerai, d'abord avec de l'acide nitrique, étendant d'eau, décantant, puis faisant chauffer le résidu avec de l'acide muriatique et lavant à grande eau ; mais, en opérant ainsi, il est essentiel de ne pas employer une trop forte proportion d'acide muriatique, parce que cet acide dissout une quantité notable de brômure.

Le schlich de brómure est une poudre de couleur vert olive peu foncé. Lorsqu'on le porphyrise, sa couleur s'éclaircit de plus en plus, et passe au vert-réséda. Dans cet état, la lumière l'impressionne rapidement, fonce sa couleur, et finit par le faire devenir gris ; mais cette altération est tout à fait superficielle.

A l'état de gros sable, le brômure ne se dissout que très-difficilement dans l'ammoniaque. Le brómure porphyrisé s'y dissout plus facilement :

mais, néanmoins, il exige une très-grande quantité d'alcali, surtout si l'on opère à froid. Lorsqu'on maintient un excès de brômure dans de l'ammoniaque concentrée et bouillante, la liqueur s'en sature, et quand ensuite on la laisse refroidir, elle abandonne, sous forme d'une poudre d'un jaune très-pâle, une partie du brômure dissous. Si on l'étend d'eau froide, elle se trouble également; mais le brômure qui se dépose alors, après être resté longtemps en suspension, est presque aussi blanc que le chlorure.

On a fait l'analyse du brômure de Plateros lavé en procédant de deux manières différentes :

1° On a pris 1 gramme de schlich que l'on a fait digérer dans de l'ammoniaque bouillante, et on a décanté et renouvelé l'ammoniaque à diverses reprises, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien. Il y a eu un résidu composé de quartz mêlé d'une petite quantité d'oxyde de fer, et dont le poids a été trouvé de 0gr.,14 : la liqueur ammoniacale renfermait donc 0gr.,86 de brômure.

On a versé de l'hydrosulfate d'ammoniaque dans cette liqueur, on a bien lavé par décantation le sulfure d'argent qui s'est précipité, on l'a redissous dans de l'acide nitrique pur, et on a ensuite précipité la dissolution par de l'acide muriatique. Le chlorure recueilli a pesé 0gr.,66, ce qui équivaut à 0gr.,495 d'argent pour 0gr.,86 de brômure, ou a 575 pour 1000 : or, la proportion rigoureuse serait de 580.

Quant à la liqueur ammoniacale, on l'a rapprochée beaucoup pour en chasser l'excès d'alcali et détruire l'hydro-sulfate qu'elle contenait; puis on y a ajouté de la baryte caustique, évaporé à sec et repris par l'eau à diverses re-

prises, afin de carbonater l'excès de baryte, et enfin on a traité le résidu desséché par de l'alcool concentré employé à petites doses successives et de manière à laisser une petite quantité de sel non dissous. La liqueur alcoolique, évaporée lentement, n'a pas cristallisé, et s'est comportée en tout comme une dissolution de brômure de barium. Quant au résidu, on l'a dissous dans l'eau, et on a fait dans la dissolution deux précipités successifs par le nitrate d'argent. Ces précipités, qui étaient fort peu considérables, ayant été étendus sur des filtres et exposés humides à l'action de la lumière, sont devenus l'un et l'autre d'un gris pur sans nuance de violet, ce qui démontre l'absence du chlore.

En effet, ayant fait un mélange *d'acide hydrobromique* et d'acide hydrochlorique, et ayant produit avec le nitrate d'argent plusieurs précipités successifs dans la liqueur, on a reconnu que par leur exposition à la lumière ils étaient devenus tous gris, à l'exception du dernier, qui avait pris la teinte violet très-vif, caractéristique du chlorure. Il paraît que si le chlorure pur devient violet, c'est la couleur grise qu'il prend quand il est mélangé de brômure. Cette expérience montre en même temps que le brôme est précipité avant le chlore par les sels d'argent, ce qui donne le moyen de purifier un chlorure qui contiendrait une petite quantité de brômure.

2° On a mélangé intimement 1 gr. de schlich de brômure porphyrisé avec 3 gr. de flux noir; on a mis le mélange dans une petite capsule de porcelaine, que l'on a placée dans un têt, et le tout a été chauffé graduellement jusqu'à commencement de ramollissement; alors on a mis une feuille

mince de plomb sur le mélange, et l'on a continué à chauffer jusqu'au rouge naissant, sans mettre les matières en pleine fusion, de peur d'éprouver des pertes par volatilisation. Le tout étant refroidi, on a délayé dans l'eau et bien lavé le résidu, qui était un mélange de grenailles de plomb, de charbon et de silice. On a chauffé ce résidu à l'air dans la capsule même qui avait servi à faire l'essai, et quand la plus grande partie du charbon a été brûlée, on y a ajouté 15 gr. de litharge, et on a chauffé jusqu'à fusion. On a obtenu ainsi un culot de plomb qui devait contenir tout l'argent; effectivement, par la coupellation, il en a laissé $0^{gr.},50$, ce qui correspond à un peu plus de $0^{gr.},86$ de brômure. Cette expérience concorde donc avec la précédente, et montre que le minéral analysé est du brômure d'argent pur sans chlorure.

D'un autre côté, les liqueurs alcalines provenant de l'essai ont été saturées d'acide acétique, et précipitées ensuite par le nitrate d'argent. Le précipité avait une teinte jaune-serin très-prononcée, tout comme celui que l'on obtint avec de l'acide hydrobrômique pur. Ce précipité ayant été bien lavé, on l'a délayé dans une petite quantité d'eau, et l'on a fait passer un courant de chlore à travers la liqueur. Le brômure, tenu en suspension, a été immédiatement décomposé; il est devenu parfaitement blanc, et la liqueur, au contraire, a pris une couleur jaune assez intense. En mêlant cette liqueur avec de l'éther, elle s'est décolorée, et l'éther, qui, par le repos, est venu nager à la surface, était jaune et renfermait beaucoup de brôme. Le résidu de chlorure d'argent provenant de la décomposition du brômure, ayant

été étendu sur un filtre, est devenu violet par son exposition à la lumière, ce qui prouve qu'il était pur.

Ainsi, le brômure d'argent, séparé d'une dissolution ammoniacale, ou obtenu par précipitation, est facilement et complétement décomposé par le chlore en dissolution. De là un moyen simple d'analyser les minerais qui renferment à la fois du brômure et du chlorure d'argent. Ce moyen consiste à traiter à chaud le minerai bien porphyrisé par un grand excès d'ammoniaque, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien, à filtrer, à chasser l'ammoniaque par l'évaporation, ou à la saturer avec un acide, à recueillir et peser exactement *la* matière argentifère qui se dépose, à *la délayer dans* l'eau et à la décomposer par *le chlore. D'une* part, on détermine la quantité d'argent par le poids du chlorure, et par suite on calcule la proportion relative de brôme et de chlore; enfin d'un autre côté, pour vérification, on peut obtenir le brôme, devenu libre, en dissolution dans l'éther, et le doser par la méthode de Sérullas.

L'essai par voie sèche avec du flux noir est aussi un très-bon moyen.

Le brômure d'argent artificiel humide a une teinte jaune-serin très-prononcée, à moins qu'il ne soit excessivement divisé. Chauffé graduellement dans un tube de verre, il se fond en un liquide rouge, et après qu'il a été refroidi, il a l'aspect corné, tout comme le chlorure, il est translucide et sa couleur est celle de l'huile passant au vert olive, semblable à celle du brômure natif.

D'après ce que rapporte M. Duport, le brômure d'argent n'est pas rare au Mexique, et on le rencontre souvent en beaux cristaux cubiques et octaédriques.

Minerai du Huelgoät (département du Finistère). — On sait que les minerais du Huelgoät contiennent principalement du chlorure d'argent. Comme on a indiqué quelquefois l'existence dans ces minerais de petits grains cristallins verdâtres, j'ai voulu voir s'ils ne renfermeraient pas aussi du brômure; à cet effet, je me suis procuré deux échantillons très-riches, et desquels je pusse extraire la matière argentifère isolément.

Le premier consistait en une masse poreuse ou scoriforme, dans laquelle on distinguait du quartz blanc empâté dans de l'hydrate de fer en feuillets. Sur les arêtes de ces feuillets on voyait, même à l'œil nu, de petits grains cubiques d'un blanc perlé, qui avaient tous les caractères du chlorure d'argent. A l'essai, cet échantillon n'a donné que 0,0188 d'argent : je ne l'ai pas jugé assez riche pour mériter un examen ultérieur.

Le second échantillon avait l'aspect d'un oxyde de fer compacte contenant çà et là du quartz blanc laiteux. Il était imprégné, dans toute sa masse, de chlorure d'argent qui se montrait même çà et là sous forme de très-petits cristaux éclatants. A l'essai, ce minerai a donné 0,1545 d'argent. On en a traité 10 grammes d'abord par l'ammoniaque à chaud pour dissoudre le chlorure d'argent, et ensuite par l'acide muriatique bouillant pour dissoudre l'oxyde de fer : cet acide a pris en même temps une certaine quantité de plomb qui se trouvait probablement à l'état de phosphate dans le minerai : le résidu quartzeux, pesait 3gr.26, et il contenait 0gr.,17 d'argent, qui devait y être à l'état métallique. La liqueur ammoniacale ayant été mise en ébullition, et saturée d'acide, a donné un dépôt blanc qui a pesé 1gr.,84. En supposant que ce dépôt

fût du chlorure pur, il devait contenir 1gr.,40 d'argent qui, ajouté à 0gr.17 resté dans la gangue, donne un total de 1gr.,57, peu différent du produit de l'essai direct : ce résultat indiquait déjà l'absence du brômure ; mais, pour plus de certitude, on a soumis le précipité à diverses épreuves : 1° On en a traité 0gr.,5 par le chlore et l'éther; la liqueur éthérée est restée tout à fait incolore ; 2° on en a fondu 0gr.,9 avec 20 gr. de litharge 2 gr. de flux noir, et on a eu la précaution de refondre la scorie avec une nouvelle dose de litharge et de charbon pour recueillir jusqu'aux plus petites traces de l'argent. Le culot de plomb coupellé en a laissé 0gr.,675; or, 0gr.,9 de chlorure pur en contiennent 0gr.,6779 : la différence est tout à fait insignifiante; *l'échantillon ne contenait donc pas de brômure.*

Plus tard, on m'a remis un troisième échantillon de minerai du Huelgoät, très-petit, mais aussi riche que le précédent, et dans lequel on distinguait, outre des petits grains cubiques blanc perlé de chlorure d'argent, d'autres grains d'un vert olive qui avaient absolument le même aspect que le brômure de Plateros. Je soumis ce minerai aux expériences suivantes, qui ont effectivement démontré qu'il contenait du brômure.

5 grammes de minerai pulvérisé ont été mis en ébullition avec de l'acide oxalique jusqu'à dissolution complète de l'oxyde de fer : le résidu pesait environ 1 gramme, et l'on y distinguait un mélange de grains de couleur jaune-serin et de grains blancs. On l'a fait digérer avec de l'ammoniaque à chaud jusqu'à ce que toute la poudre jaune ait disparu ; il a fallu une très-grande quantité d'alcali, ce qui n'aurait pas été nécessaire pour dissoudre du chlorure pur. On a saturé peu à peu la liqueur avec

de l'acide nitrique, et l'on a remarqué que les dépôts successifs qui se sont formés avaient une teinte jaune évidente, mais de moins en moins prononcée, excepté le dernier qui était blanc. Les dépôts jaunes ont été recueillis et essayés comme il suit :

On en a traité une portion par le chlore et l'éther : l'éther s'est coloré en jaune. On en a dissous une autre portion dans l'ammoniaque, on a ajouté de l'hydrosulfate d'ammoniaque à la liqueur, et on a recueilli le dépôt noir qui s'est formé : on a reconnu que c'était du sulfure d'argent pur. On a rapproché la liqueur à l'air, on l'a filtrée pour séparer le soufre, qui s'est déposé ; on y a ajouté un peu de potasse à l'alcool, évaporé à sec, versé sur le résidu un peu d'acide acétique pour saturer l'excès d'alcali, et desséché de nouveau. Pour savoir si le dépôt salin contenait du brômure, on en a traité une petite partie dans un tube avec de l'acide nitrique pur, et on a immédiatement obteuu une liqueur jaunâtre ; on en a mélangé une autre portion avec du peroxyde de manganèse, on a placé e mélange dans un tube de verre, on a versé lessus quelques gouttes d'acide sulfurique conentré, et l'on a chauffé légèrement : il s'est dégagé immédiatement des vapeurs rouges, et au out d'un certain temps, il s'est déposé sur les ords du tube des gouttelettes d'un liquide rouge. 'existence du brôme est donc évidente. L'expéience a montré en même temps que le brômure 'était pas mélangé d'iodure.

Le brômure d'argent paraît être rare au Hueloät ; mais on le distingue aisément du chlorure ar sa couleur verdâtre ou jaune-serin, qui est cactéristique. Il est remarquable qu'il se rencontre

avec le chlorure dans les mêmes minerais, mais sans qu'il y ait entre les deux substances de mélange intime.

---

80. *Analyse d'un produit métallurgique riche en* ARGENT; par M. P. Berthier.

Cette matière a été extraite du minerai de Guanaxuato (Mexique) par M. Becquerel, au moyen de ses procédés électro-chimiques. Elle contenait tout l'argent, tout le plomb et tout le cuivre que renfermait le minerai.

C'est une poudre pesante, d'un *gris de cendre foncé*, qui prend un certain éclat *métallique sous* le brunissoir. Telle qu'elle sort de l'usine, elle est imprégnée de sel marin; mais avant de l'analyser, on l'a débarrassée de ce sel, en la tenant pendant plusieurs jours en ébullition dans de l'eau pure: il s'est dissous en même temps une très-petite quantité de chlorure de plomb, mais l'eau ne lui a pas enlevé la plus petite trace de cuivre.

En traitant la matière ainsi lavée par de l'acide acétique bouillant, il y a effervescence; il se dissout du plomb et du cuivre, et l'on trouve dans la liqueur une certaine quantité de chlore. Si l'on fait ensuite digérer le résidu argentifère dans de l'ammoniaque, l'alcali dissout une quantité très-notable de chlorure d'argent. Enfin, en traitant après cela ce résidu, lavé, par de l'acide nitrique pur, on dissout de l'argent et seulement une trace de plomb sans cuivre, et il reste une matière rouge qui se compose d'un mélange de sable quartzeux et d'oxyde de fer.

La poudre métallique n'est que faiblement atta-

quée par l'ammoniaque; mais quand on la fait digérer dans une dissolution de carbonate d'ammoniaque, tout le cuivre se dissout, et la liqueur renferme la totalité du chlore, ainsi que le chlorure d'argent.

L'analyse donne :

Argent.	0,1160
Chlorure d'argent.	0,0040
Plomb.	0,6250
Cuivre.	0,0720
Chlore.	0,0085
Oxygène et acide carbonique. . .	0,1395
Sable et oxyde de fer.	0,0350
	1,0000

Le cuivre et le plomb se trouvent en totalité dans cette matière, partie à l'état d'oxychlorure et partie à l'état de carbonate; il n'en reste pas à l'état métallique. On voit par là que ces deux métaux, se trouvant dans un état de division intime, imbibés d'une dissolution de sel marin, et exposés en même temps à l'action de l'air, sont promptement attaqués, et qu'ils prennent simultanément de l'oxygène et de l'acide carbonique à l'air et du chlore au sel marin : la soude mise à nu reste sans doute dans l'eau à l'état de carbonate. Enfin, dans ces circonstances, l'argent lui-même est en partie chloruré.

On a remarqué que quand on faisait fondre immédiatement la poudre argentifère dans une coupelle, on perdait près du dixième de l'argent qu'elle contient; cela provient, sans aucun doute, de ce que le chlorure d'argent tout formé se volatilise, et ensuite de ce qu'il s'en produit une nouvelle quantité, qui se volatilise également, par la réaction de l'argent sur le deutochlorure de cuivre

qu'il ramène facilement à l'état de protochlorure.

En fondant cette poudre avec de la litharge et du charbon, et coupellant ensuite le plomb obtenu, on en extrait la totalité de l'argent, et l'on évite toutes les causes de perte, parce que le plomb métallique qui se produit réduit les chlorures d'argent et de cuivre; mais alors tout le cuivre se trouve dans le culot avec l'argent. Quand il s'agit d'essais, cela n'a aucun inconvénient; mais, pour le traitement en grand, il n'en serait pas de même, parce que la proportion du cuivre étant très-considérable par rapport à l'argent, on ne pourrait en opérer la séparation, qu'en employant beaucoup de plomb dans la coupellation.

Pour obtenir les trois métaux, l'*argent*, *le cuivre* et le plomb, chacun à l'état de pureté, d'une manière économique, je pense que le meilleur mode qu'il y aurait à suivre consisterait à traiter la matière par l'acide acétique, à précipiter le cuivre de la dissolution par du plomb, à évaporer pour recueillir l'acétate de plomb, que l'on verserait immédiatement dans le commerce, et enfin à fondre le résidu argentifère avec une petite quantité de carbonate de soude; la totalité de l'argent serait ainsi amenée au plus haut degré de pureté.

---

81. *Sur le gisement de l'*OR *dans la province de Minas au Brésil*; par M. Amédée Burat. (Compt. rendus de l'Acad., t. 12, p. 252.)

L'or se trouve dans cette province à l'état natif, en plaques, en feuillets déliés, dans un terrain positivement stratifié. Quatre espèces de roches le

contiennent, dont deux seulement sont à l'état métamorphique et présentent, en outre, plusieurs autres combinaisons métallifères.

La principale roche aurifère est l'iacotinga, qui est une roche quartzeuse, compacte, rougeâtre, dont la structure est laminaire. La séparation des feuillets est marquée par le fer oligiste noirâtre, pailleteux, tel qu'il apparaît dans certaines roches volcaniques. L'or s'y rencontre en petites pépites souvent ramuleuses, surtout dans les plans où se trouve le fer oligiste.

Au-dessus de l'iacotinga se trouve un grès à grains de quartz cristallin et translucide, contenant, dans le sens des feuillets de stratification, le fer oligiste et du carbonate de manganèse. L'or natif accompagne ces deux métaux; il se trouve en géodes qui ont une apparence cristalline, et en dendrites. Le métamorphisme de ces deux roches, l'apparence quelquefois cristalline de l'or, feraient concorder sa présence avec les faits connus en géologie.

Les deux autres roches n'ont aucune apparence métamorphique; l'or n'y présente aucune apparence cristalline.

Ainsi, dans un schiste talqueux, il se trouve intercalé dans les feuillets en lames allongées qui ont souvent plus de 1 millimètre d'épaisseur, et qui, d'autres fois, sont très-délicates. On a trouvé de ces lames qui avaient 25 centimètres de longueur. Dans le schiste argileux, ardoise analogue à celle d'Angers, l'or se trouve encore en lames d'une ténuité et d'une étendue remarquables. Dans ces deux roches enfin, on ne trouve plus de fer oligiste, ni de carbonate de manganèse : de quelle manière l'or, qui ne peut être regardé

comme contemporain de ces roches, peut-il donc y avoir été transporté?

Les exploitations ont porté, à Taquary, sur les quatre roches; mais là, comme à Gongo-Socco, la roche la plus suivie a été l'iacotinga. Les exploitations, commencées à ciel ouvert, ont été poursuivies par travaux souterrains sur un grand nombre de points de la province de Minas. On fait dans la mine deux triages, l'un de mine riche brisée avec des marteaux et lavée à la sébile (bateas), l'autre de mine pauvre pour les bocards et les caisses de lavage. La mine de Gongo-Socco est la plus prospère de toutes; pendant deux ans le produit moyen a été de 15 livres anglaises d'or par jour. Cette mine a été taxée *par le gouvernement* brésilien à 20 pour 100 du produit de la mine. Les autres exploitations de Taquary, Cocaës, Calla-Bianca, Morro das Almas, Condoga Morro-Velho, ne sont encore taxées *que* de 10 à 5 pour 100.

On évalue le produit de Gongo-Socco, depuis douze ans, à 30,000 livres anglaises d'or à 22 carats. La profondeur des travaux est de 100 mètres seulement; la plus longue galerie n'a pas encore 900 mètres, et les seuls obstacles qui paraissent entraver la production de l'or, consistent dans la rareté des mineurs, qui reçoivent pourtant 250 francs par mois, et la difficulté des communications avec Rio-Janeiro, d'où l'on ne peut se rendre aux mines qu'après dix-huit jours de caravane et sur des mulets.

ORDONNANCES DU ROI,

Et décisions diverses concernant les mines, usines, etc.

PREMIER SEMESTRE 1841.

Ordonnance du 19 *janvier* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Charles-Simon Courtin, *et* Charles-Joseph-Toussaint Courtin fils, *de mines de houille situées dans les communes de* Neuvy *et de* la Motte-St.-Jean, *arrondissement de* Charolles (Saône-et-Loire). Mines de houille de Grand-Champ.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Grand-Champ*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, par le polygone A, D, C, X, B, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par une ligne droite allant du point A, angle sud-est du bâtiment le plus à l'est du hameau de Précy, au point D, intersection de la limite séparative des territoires des communes de la Motte-Saint-Jean et de Rigny par une ligne droite menée de l'angle sud-est de la maison du Champ-Fillon, commune de Rigny, appartenant à la dame de Rigny, au point C, pont du moulin de l'Aiguille ;

Au sud-est, par la partie DC de la ligne droite;

Au sud-ouest, par la grande route de Digoin à Bourbon-Lancy, depuis ledit pont du moulin de l'Aiguille jusqu'au point X où cette route est rencontrée par le chemin de Villars;

Au nord-ouest, par deux lignes droites dirigées, l'une dudit point X sur le point B, angle nord-ouest du grand bâtiment de Grand-Champ qui a appartenu aux frères

Dumaine, et l'autre de ce dernier point sur le point A, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatorze kilomètres carrés quarante-quatre hectares.

Mines d'anthracite du Genest.

Ordonnance du 10 *février* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jean Barré-Bertery et Aimé Barbier, *de mines d'anthracite, dans les communes du* Genest, *de* Changé *et de* St.-Berthevin, *arrondissement de* Laval (Mayenne).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Genest*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, *savoir:*

1° A partir du clocher du Genest, par une ligne droite dirigée sur l'embranchement *sud* des routes de Saint-Ouen-des-Toits et de la Baconnière, village des Chênes-Secs;

2° De ce second point par une autre ligne droite dirigée sur l'angle *sud* du bâtiment d'habitation du lieu dit de la Cornillière, commune de Changé;

3° De l'angle *sud* de ce bâtiment par une autre ligne droite dirigée sur l'angle *nord* du moulin de Raffray, commune de Saint-Berthevin;

4° Et de l'angle *nord* du moulin de Raffray, par une quatrième ligne droite dirigée sur le clocher du Genest, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de sept kilomètres carrés quatorze hectares.

Ordonnance du 7 mars 1841, *relative aux concessions des mines de sel, des sources et puits d'eau salée et aux usines destinées à la fabrication du sel.*

Louis-Philippe, roi des Français,
A tous présents et à venir, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

Vu la loi sur le sel, du 17 juin 1840;

Vu notamment l'article 1er, portant que nulle exploitation de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée naturellement ou artificiellement, ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une concession consentie par ordonnance royale délibérée en conseil d'état;

L'article 2, qui dispose que les lois et règlements généraux sur les mines sont applicables aux exploitations de mines de sel; qu'un règlement d'administration publique déterminera, selon la nature de la concession, les conditions auxquelles l'exploitation sera soumise; que le même règlement déterminera aussi les formes des enquêtes qui devront précéder les concessions de sources ou de puits d'eau salée;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

TITRE Ier.

DES MINES DE SEL.

Art. 1er. Il ne pourra être fait de concession de mines de sel sans que l'existence du dépôt de sel ait été constatée par des puits, des galeries ou des trous de sonde.

Art. 2. Les demandes en concession seront instruites conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810; elles contiendront les propositions du demandeur dans le but de satisfaire aux droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 3. L'exploitation d'une mine de sel, soit à l'état solide, par puits ou galeries, soit par dissolution, au moyen de trous de sonde ou autrement, ne pourra être commencée qu'après que le projet des travaux aura été approuvé par l'administration.

A cet effet, le concessionnaire soumettra au préfet un mémoire indiquant la manière dont il entend procéder à l'exploitation, la disposition générale des travaux qu'il se propose d'exécuter, et la situation des puits, galeries et trous de sonde, par rapport aux habitations, routes et chemins.

Il y joindra les plans et coupes nécessaires à l'intelligence de son projet.

Lorsque le projet d'exploitation aura été approuvé, il ne pourra être changé sans une nouvelle autorisation.

L'approbation de l'administration sera également nécessaire pour l'ouverture de tout nouveau champ d'exploitation.

Les projets de travaux énoncés aux paragraphes précédents devront être, ainsi que les plans à l'appui, portés avant toute décision, à la connaissance du public. A cet effet, des affiches seront apposées, pendant un mois, dans les communes comprises dans lesdits projets, et une copie des plans sera déposée dans chaque mairie.

TITRE II.

DES SOURCES ET PUITS D'EAU SALÉE.

Art. 4. Les articles 10, 11 et 12 de la *loi du 21 avril* 1810 sont applicable aux recherches *d'eau salée*.

Art. 5. Tout demandeur en concession d'une source ou d'un puits d'eau salée devra justifier que la source ou le puits peut fournir des eaux salées en quantité suffisante pour une fabrication annuelle de 500,000 kilogrammes de sel au moins.

Art. 6. Il devra justifier des facultés nécessaires pour entreprendre et conduire les travaux, et des moyens de satisfaire aux indemnités et charges qui seront imposées par l'acte de concession.

Art. 7. La demande en concession sera adressée au préfet et enregistrée à sa date sur un registre spécial, conformément à l'article 22 de la loi du 21 avril 1810; le secrétaire général de la préfecture délivrera au requérant un extrait certifié de cet enregistrement.

La demande contiendra l'indication exigée par l'article 3 ci-dessus.

Le pétitionnaire y joindra le plan en quadruple expédition, et à l'échelle de 5 millimètres pour 10 mètres, des terrains désignés dans sa demande. Ce plan devra indiquer l'emplacement de la source ou du puits salé et sa situation par rapport aux habitations, routes et chemins; il ne sera admis qu'après vérification par l'ingénieur des mines. Il sera visé par le préfet.

Art. 8. Les publications et affiches de la demande auront lieu à la diligence du préfet et conformément aux articles 23 et 24 de la loi du 21 avril 1810. Leur durée sera de deux mois à compter du jour de l'apposition des affiches dans chaque localité. La demande sera insérée dans l'un des journaux du département.

Les frais d'affiches, publications et insertions dans les journaux seront à la charge du demandeur.

Art. 9. Les demandes en concurrence ne seront admises que jusqu'au dernier jour de la durée des affiches.

Elles seront notifiées par actes extrajudiciaires au demandeur, ainsi qu'au préfet, qui les fera transcrire à leur date sur le registre mentionné en l'article 7 ci-dessus. Il sera donné communication de ce registre à toutes les personnes qui voudront prendre connaissance desdites demandes.

Art. 10. Les oppositions à la demande en concession, les réclamations relatives à la quotité des offres faites aux propriétaires de la surface, les demandes en indemnité d'invention, seront notifiées au demandeur et au préfet par actes extrajudiciaires.

Art. 11. Jusqu'à ce qu'il ait été statué définitivement sur la demande en concession, les oppositions, réclamations et demandes mentionnées en l'article 10 ci-dessus, seront admissibles devant notre ministre des travaux publics. Elles seront notifiées par leurs auteurs aux parties intéressées.

Art. 12. Le gouvernement jugera des motifs ou considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs en concession, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres, sans préjudice de la disposition transitoire de l'article 3 de la loi du 17 juin 1840, relative aux propriétaires des établissements actuellement existants.

Art. 13. Il sera définitivement statué par une ordonnance royale délibérée en conseil d'état.

Cette ordonnance purgera, en faveur du concessionnaire, tous les droits des propriétaires de la surface et des inventeurs ou de leurs ayants cause.

Art. 14. L'étendue de la concession sera déterminée par ladite ordonnance; elle sera limitée par des points fixes à la surface du sol.

Art. 15. Lorsque, dans l'étendue du périmètre qui lui est concédé, le concessionnaire voudra pratiquer, pour l'ex-

ploitation de l'eau salée, une ouverture autre que celle désignée par l'acte de concession, il adressera au préfet, avec un plan à l'appui, une demande qui sera affichée pendant un mois dans chacune des communes sur lesquelles s'étend la concession. Une copie de ce plan sera déposée dans chaque mairie.

S'il ne s'élève aucune réclamation contre la demande, l'autorisation sera accordée par le préfet. Dans le cas contraire, il sera statué par notre ministre des travaux publics.

Art. 16. Toutes les questions d'indemnités à payer par le concessionnaire d'une source ou d'un puits d'eau salée, à raison des recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, seront décidées conformément à l'article 4 de la loi du 28 pluviôse an VIII.

Art. 17. Les indemnités à payer par le concessionnaire aux propriétaires de la surface, à raison de l'occupation des terrains nécessaires à l'exploitation des *eaux salées*, seront réglées conformément aux articles *43 et 44 de la loi* du 21 avril 1810.

Art. 18. Aucune concession de source ou de puits d'eau salée ne peut être vendue par lots ou partagée sans une autorisation préalable du Gouvernement, donnée dans les mêmes formes que la concession.

TITRE III.

DISPOSITIONS COMMUNES AUX CONCESSIONS DE MINES DE SEL ET AUX CONCESSIONS DE SOURCES ET DE PUITS D'EAU SALÉE.

Art. 18. Aucune recherche de mine de sel ou d'eau salée, soit par les propriétaires de la surface, soit par des tiers autorisés en vertu de l'article 10 de la loi du 21 avril 1810, ne pourra être commencée qu'un mois après la déclaration faite à la préfecture. Le préfet en donnera avis immédiatement au directeur des contributions indirectes ou au directeur des douanes, suivant les cas.

Art. 20. Il ne pourra être fait, dans le même périmètre, à deux personnes différentes, une concession de mine de sel et une concession de source ou de puits d'eau salée.

Mais tout concessionnaire de source ou de puits d'eau salée, qui aura justifié de l'existence d'un dépôt de sel dans

le périmètre à lui concédé, pourra obtenir une nouvelle concession, conformément au titre 1er de la présente ordonnance.

Jusque-là, tout puits, toute galerie, ou tout autre ouvrage d'exploitation de mine, est interdit au concessionnaire de la source ou du puits d'eau salée.

Art. 21. Dans tous les cas où l'exploitation, soit des mines de sel, soit des sources ou des puits d'eau salée, compromettrait la sûreté publique, la conservation des travaux, la sûreté des ouvriers ou des habitations de la surface, il y sera pourvu ainsi qu'il est dit en l'article 50 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 22. Tout puits, toute galerie, tout trou de sonde, ou tout autre ouvrage d'exploitation ouvert sans autorisation, sera interdit, conformément aux dispositions de l'article 8 de la loi du 27 avril 1838.

Néanmoins, les exploitations en activité à l'époque de la promulgation de la loi du 17 juin 1840 sont provisoirement maintenues, à charge par les exploitants de former, dans un délai de trois mois, à compter de la promulgation de la présente ordonnance, des demandes en concession, conformément aux dispositions qu'elle prescrit.

Si la concession n'est point accordée, l'exploitation cessera de plein droit, et, au besoin, elle sera interdite conformément au premier paragraphe du présent article.

Art. 23. Les concessions pourront être révoquées dans les cas prévus par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810. Il sera alors procédé conformément aux règles établies par la loi du 27 avril 1838.

Art. 24. Le directeur des contributions indirectes ou des douanes, selon les cas, sera consulté par le préfet sur toute demande en concession de mine de sel, de source ou de puits d'eau salée.

Le préfet consultera ensuite les ingénieurs des mines, et transmettra les pièces à notre ministre des travaux publics, avec leurs rapports et son avis.

Les pièces relatives à chaque demande seront communiquées par notre ministre des travaux publics à notre ministre des finances.

TITRE IV.

DES PERMISSIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES USINES POUR LA FABRICATION DU SEL.

Art. 25. Les usines destinées à l'élaboration du sel gemme ou au traitement des eaux salées ne pourront être établies, soit par les concessionnaires de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée, soit par tous autres, qu'en vertu d'une permission accordée par une ordonnance royale, après l'accomplissement des formalités prescrites par l'article 74 de la loi du 21 avril 1810. Toutefois le délai des affiches est réduit à un mois.

Le demandeur devra justifier que l'usine pourra suffire à la fabrication annuelle d'au moins cinq cent mille kilogrammes de sel, sauf l'application de la faculté ouverte par le 2e alinéa de l'article 5 de la loi du 1er juin 1840.

Seront, d'ailleurs, observées les dispositions des lois et règlements sur les établissements dangereux, incommodes ou insalubres.

Art. 26. La demande en permission devra être accompagnée d'un plan en quadruple expédition, à l'échelle de deux millimètres par mètre, indiquant la situation et la consistance de l'usine. Ce plan sera vérifié et certifié par les ingénieurs des mines et visé par le préfet.

Les oppositions auxquelles la demande pourra donner lieu seront notifiées au demandeur et au préfet par actes extrajudiciaires.

Art. 27. Les dispositions de l'article 24 ci-dessus, relatives aux demandes en concession de mines de sel ou de sources et de puits d'eau salée, seront également observées à l'égard des demandes en permission d'usines.

Art. 28. Les permissions sont données à la charge d'en faire usage dans un délai déterminé. Elles auront une durée indéfinie, à moins que l'ordonnance d'autorisation n'en ait décidé autrement.

Art. 29. Elles pourront être révoquées pour cause d'inexécution des conditions auxquelles elles auront été accordées.

La révocation sera prononcée par arrêté de notre ministre des travaux publics. Cet arrêté sera exécutoire par provision, nonobstant tout recours de droit.

Art. 30. Les fabriques légalement en activité à l'époque de la promulgation de la loi du 17 juin 1840 sont maintenues provisoirement, à charge par les propriétaires de former une demande en permission dans un délai de trois mois à partir de la promulgation de la présente ordonnance.

Dans le cas où cette permission ne serait point accordée, les établissements seront interdits dans les formes indiquées au second paragraphe de l'article précédent.

Art. 31. Nos ministres secrétaires d'état aux départements des travaux publics et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Fait au palais des Tuileries, le 7 mars 1841.

LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état
des travaux publics,

J.-B. TESTE.

Ordonnance du 23 *mai* 1841, *concernant l'enquête qui doit précéder l'application de la loi du* 27 *avril* 1838, *relative aux mines inondées ou menacées d'inondation.*

LOUIS-PHILIPPE, Roi des Français,

A tous présents et à venir, salut :

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics;

Vu la loi du 27 avril 1838, relative à l'asséchement et à l'exploitation des mines;

Vu l'article 1er de cette loi, ledit article ainsi conçu :

« Lorsque plusieurs mines, situées dans des concessions
» différentes, seront atteintes ou menacées d'une inonda-
» tion commune qui sera de nature à compromettre leur
» existence, la sûreté publique ou les besoins des consom-
» mateurs, le gouvernement pourra obliger les conces-
» sionnaires de ces mines à exécuter, en commun et à leurs

» frais, les travaux nécessaires soit pour assécher tout ou
» partie des mines inondées, soit pour arrêter les progrès
» de l'inondation.

» L'application de cette mesure sera précédée d'une en-
» quête administrative à laquelle tous les intéressés seront
» appelés, et dont les formes seront déterminées par un
» règlement d'administration publique; »

Notre conseil d'état entendu;

NOUS AVONS ORDONNÉ et ORDONNONS ce qui suit:

Article 1er. L'enquête administrative qui doit précéder l'application des dispositions de la loi du 27 avril 1838, relatives aux mines inondées ou menacées d'inondation, sera ordonnée par notre ministre secrétaire d'État des travaux publics, et aura lieu dans les formes ci-après déterminées.

Art. 2. L'enquête s'ouvrira sur un mémoire rédigé par l'ingénieur en chef des mines, et faisant connaître:

La quantité des produits que les mines inondées fournissaient avant d'être envahies par les eaux;

La quotité de ceux que fournissent encore les mines que l'inondation peut atteindre;

Les relations que ces diverses mines ont entre elles;

Les causes de l'inondation qui les atteint ou qui les menace;

La manière dont cette inondation se propage, les progrès qu'elle a déjà faits et ceux qu'elle peut faire encore;

Les circonstances d'où il résulte qu'elle est de nature à compromettre l'existence des mines, la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, et qu'il y a lieu par le gouvernement de recourir à l'application de la loi du 27 avril 1838, à l'effet d'obliger les concessionnaires à exécuter, en commun et à leurs frais, les travaux nécessaires soit pour assécher les mines inondées, soit pour garantir de l'inondation les exploitations qui n'en sont point encore atteintes.

A ce mémoire seront joints les plans et coupes nécessaires pour en faciliter l'intelligence.

Art. 3. Les pièces mentionnées en l'article précédent seront déposées à la sous-préfecture de l'arrondissement dans lequel les mines sont situées, après avoir été visées par le préfet.

Art. 4. Un registre destiné à recevoir les observations auxquelles la mesure projetée pourra donner lieu sera ou-

vert pendant deux mois à cette sous-préfecture ; le mémoire et les plans produits par l'ingénieur en chef y resteront déposés pendant le même temps.

Des registres seront également ouverts dans chaque commune de la circonscription des mines auxquelles il s'agit de faire application de la loi du 27 avril 1838 ; à ces registres seront annexées les copies conformes des pièces déposées à la sous-préfecture.

Art. 5. L'enquête sera annoncée par des affiches placées au chef-lieu du département, à celui de l'arrondissement et dans toutes les communes dans lesquelles sont situées les mines inondées ou menacées d'inondation.

Les représentants des concessionnaires ou des sociétés propriétaires de chacune de ces mines, nommés en exécution de l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, seront informés individuellement, par notification administrative, de l'ouverture de cette enquête.

Art. 6. Une commission, composée de cinq membres au moins et de sept au plus, sera formée au chef-lieu de l'arrondissement.

Les membres et le président de cette commission seront nommés par le préfet.

Art. 7. Cette commission se réunira immédiatement après l'expiration du délai fixé par l'article 4.

Elle examinera les déclarations consignées au registre ; elle recevra les dires, mémoires et observations de toute espèce ; elle entendra les propriétaires des mines inondées ou menacées d'inondation, les ingénieurs des mines, les chefs des établissements industriels, et toutes les personnes qu'elle jugera à même de lui fournir d'utiles renseignement ; puis elle donnera son avis motivé sur la question de savoir s'il y a lieu à l'application de la mesure indiquée dans l'article 1er de la loi du 27 avril 1838.

Ces diverses observations devront être terminées dans le délai d'un mois ; il en sera dressé procès-verbal, lequel sera transmis immédiatement au préfet par le président, avec les registres et autres pièces de l'enquête.

Art. 8. Les chambres de commerce et les chambres consultatives des arts et manufactures des villes situées tant à l'intérieur qu'au dehors du département, qu'il paraîtrait utile de consulter, seront appelées à donner leur avis.

Art. 9. Toutes les pièces de l'enquête seront transmises

au ministre des travaux publics par le préfet, lequel y joindra son avis motivé.

Art. 10. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Fait au palais de Neuilly, le 23 mai 1841.

LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état au département des travaux publics,

J.-B. TESTE.

Recherches de mines de plomb et d'argent, à Villeneuve-les-Chanoines.

Ordonnance du 7 mars 1841, qui autorise, à défaut du consentement du propriétaire du sol, le sieur PALIOPY et compagnie, *à faire des* recherches de *mines de plomb et d'argent, dans la commune de* VILLENEUVE-LES-CHANOINES (Aude).

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

Vu la demande présentée le 8 mars 1840, par le sieur Paliopy et compagnie, tendant à obtenir la permission de faire des recherches de mines dans un terrain situé dans la commune de Villeneuve-les-Chanoines, département de l'Aude, et appartenant au sieur Granel de Cabrespine,

Le plan y joint;

Les observations du sieur Granel, du 3 avril;

Le procès-verbal d'expertise, du 6 juin;

Le rapport des ingénieurs des mines, du 30 août;

L'avis du conseil de préfecture, du 18 du même mois;

L'avis du conseil général des mines, du 8 janvier 1841;

Vu les articles 10, 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er Le sieur Paliopy, directeur gérant de la compagnie dite société d'exploitation des mines de l'Aude, de l'Ariége et des Pyrénées-Orientales, est autorisé à faire

les recherches de mines de plomb et d'argent dans un errain qui appartient au sieur Granel de Cabrespine, dans a commune de Villeneuve-les-Chanoines, département de 'Aude, et dont la contenance, déterminée par le polygone A, B, C, D, E, sur le plan ci-annexé, est de treize ares oixante-dix centiares.

Art. 2. Le permissionnaire payera au propriétaire du sol, préalablement à tous travaux, l'indemnité relative à l'exercice du droit de recherches, conformément à ce qui est prescrit par l'art. 10 de la loi du 21 avril 1810.

Il lui payera, en outre, après l'achèvement des travaux, l'indemnité voulue par les articles 43 et 44 de la même loi, pour la non-jouissance du terrain et les dégâts causés par les recherches.

A défaut d'accord entre les parties, ces deux indemnités seront réglées par le conseil de préfecture.

Art. 3. La durée de la présente permission est fixée à deux années qui courront à partir du jour du règlement de l'indemnité préalable indiquée dans l'article précédent.

Art. 4. Tous travaux d'exploitation sont formellement interdits au permissionnaire qui ne pourra exécuter que des travaux de recherches et de reconnaissance.

Art. 5. Le permissionnaire se conformera aux lois et règlements sur les mines ainsi qu'aux instructions relatives à la conduite des travaux et à la sûreté des ouvriers, qui pourront lui être données par le préfet sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 6. Il rendra compte au préfet, tous les trois mois, de la nature et de l'état des travaux exécutés, des circonstances principales du gisement du minerai, des quantités de minerai produites par les recherches, et du nombre des ouvriers employés.

Ce compte sera accompagné, s'il y a lieu, du plan indicatif des travaux.

Art. 7. En cas d'inaction dans les travaux sans cause reconnue légitime, ou de contraventions qui seraient de nature à compromettre la sûreté publique ou celle des ouvriers, ou d'infraction aux dispositions de la présente, l'autorisation pourra être retirée sur la proposition du préfet, le permissionnaire préalablement entendu.

Art. 8. Il n'est rien préjugé sur le choix qui pourra être fait d'un concessionnaire pour les mines que les travaux en question auraient fait découvrir.

Art. 9. La présente ordonnance sera notifiée au propriétaire du sol, dans le délai d'un mois, à la diligence du préfet et aux frais du permissionnaire.

Art. 10. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Mines de houille de Montvicq.

Ordonnance du 7 *mars* 1841, *portant qu'il est fait concession à* M. Pierre-Jules Detours-Lachaise, *de mines de houille, communes de* Montvicq *et de* Doyet (Allier).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Montvicq*, est limitée, conformément *au plan* annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'*il suit, savoir :*

Au nord, par la route royale n° 145, de Moulins à Limoges (limite sud de la concession du Doyet), depuis le point où vient aboutir le chemin du Doyet au Paloy par l'étang Rebut, point A du plan, jusqu'à la rencontre du chemin de Montvicq à Saint-Priest, point B du plan;

A l'est, par ledit chemin, depuis le point B jusqu'à celui de Lacroux à la croix Queurry, et par ce dernier jusqu'à son intersection avec une ligne droite partant de l'angle de la maison Michaud aux Chanvois, et se dirigeant sur le clocher de Montvicq, point C du plan;

Au sud, par la continuation de cette ligne, depuis le point C jusqu'au clocher de Montvicq, point D du plan;

Au sud-ouest, par une ligne tirée de Montvicq, à l'angle sud de la maison du sieur François Debesson, sise aux Bourdignats, point E du plan; puis par une ligne tirée dudit point E au point de départ A, rencontre de la grande route de Moulins à Limoges avec le chemin du Doyet à Paloy;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés quatre-vingt-quatorze hectares.

Ordonnance du 7 mars 1841, portant qu'il est fait concession aux sieurs Jean-Pierre Bruyac *et* Pierre Gay, *de mines de houille, communes de* Saint-Laurent *et de* la Chapelle-sous-Dhun (Saône-et-Loire).

Mines de houille des Moquets.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des Moquets*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne menée du clocher de Saint-Laurent au Moulin Gothard, mais arrêtée à son point de rencontre A, avec le chemin qui conduit du lieu dit les *Coupetiers* au lieu dit la *Sarandières* ;

A l'est, par une ligne menée du point A au point B, déterminé par la rencontre de la route de Charlieu à la Clayette, avec la limite nord de la concession de la Chapelle-sous-Dhun, limite qui est formée par une ligne tirée du clocher de la Chapelle-sous-Dhun au clocher de Saint-Laurent ;

Au midi, par cette dernière ligne, depuis le point B jusqu'au clocher de Saint-Laurent, point de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de un kilomètre carré trente-cinq hectares.

Ordonnance du 7 mars 1841, portant que le sieur Pierre *est autorisé à établir dans sa propriété, située sur la rive droite de la* Marne, *commune de* Chamouilley, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne), *une usine à fondre le minerai de fer, au moyen du charbon de bois, et qui sera composée d'un haut-fourneau, d'une machine soufflante, d'un bocard à huit pilons et d'un patouillet à deux hûches.*

Usine à fer, à Chamouilley.

N. B. Ladite ordonnance et celles qui suivent, et qui sont relatives à des établissements destinés au lavage des minerais de fer, contiennent des dispositions spéciales con-

cernant l'épuration des eaux bourbeuses provenant de ces ateliers.

Usine à fer de Lage. *Ordonnance du* 7 *mars* 1841, *portant que le sieur* comte GARNIER DE LABOISSIÈRE *est autorisé à ajouter à l'usine à fer de* LAGE, *située sur la* VIENNE, *commune de* CHIRAC (Charente), *et autorisée par notre ordonnance du* 23 *mars* 1838, *un haut-fourneau à fondre le minerai de fer, un feu d'affinerie, une fonderie et toutes les machines soufflantes et de compression nécessaires.*

Mines de houille de Sully. *Ordonnance du* 8 *mars* 1841, *portant qu'il est fait concession au sieur* Jean-Baptiste MOLLERAT, *agissant au nom de la compagnie des recherches de* SULLY, *telle qu'elle est désignée dans son acte de société du* 31 *juillet* 1839, *de mines de houille situées dans les communes de* SULLY, EPINAC, SAINT-LÉGER-DU-BOIS *et* CURGY, *arrondissement d'*AUTUN (Saône-et-Loire).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Sully*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Du pont de Creusefond à l'angle sud d'une maison appartenant au sieur Berthaux, à Noiron ;

De ce dernier point à l'angle sud d'une maison appartenant au sieur Noureau, au lieu dit *la Barraque de Vernes*;

De ce point à la maison de Claude Fichot, au point N, intersection de la ligne menée de cette maison à la chapelle de Morgelle, avec la ligne menée du château de Sully à l'angle nord-ouest de la maison de Bonamour, aux Mentadiots ;

Du point N au point M, intersection de la ligne menée du château de Sully à l'angle nord-ouest de la maison

Bonamour, avec celle menée du moulin du Bas-de-Canada au point O, situé sur la ligne d'Auxy à Marvelay, et fixée à 1,200 mètres de la maison Lhomme Martigny;

Du point M au point O, ci-dessus déterminé;

Du point O au point J, intersection des lignes tirées du clocher de Curgy à l'angle nord-ouest du pont de la Drée, et du clocher d'Auxy à l'angle sud-est de la maison Lhomme Martigny, à Marvelay;

Du point J au point I, situé à 132 mètres en amont du pont de Creusefond, point de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix-sept kilomètres carrés cinquante-huit hectares.

Ordonnance du 8 *mars* 1841, *portant modification des limites de la concession houillère d'*Epinac (Saône-et-Loire). Mines de houille d'Épinac.

(Extrait.)

Art. 1er. Suivant la demande de la compagnie des houillères et du chemin de fer d'Épinac, il est retranché de la concession de mines de houille accordée, le 13 août 1805, aux frères Moser, et dont cette compagnie est aujourd'hui propriétaire, une étendue de terrain de la contenance de 12 kilomètres carrés 36 hectares, limitée par les lignes ci-dessous indiquées :

Du clocher de Thury au clocher de Molinot;

Du clocher de Molinot au point A, sur la ligne de Molinot-Saisy, fixée à 2,865 mètres de Molinot;

De ce point A à la croix de bois de Grandvaux;

De ce dernier point au point B, intersection des lignes Sully-Tury et Morgelle-Grandvaux;

Du point B, au clocher de Thury, point de départ.

Art. 2. Il est accordé à la même compagnie une extension de concession d'une contenance de 6 kilomètres 71 hectares, limitée ainsi qu'il suit :

Du point B, intersection de la ligne tirée du château de Sully au château de Thury, avec une ligne allant de la maison Claude Fichot, au Petit-Moloy, à la chapelle de Morgelle, au point N, intersection de la dernière ligne avec la ligne menée de l'angle nord-ouest de la maison

Bonamour, aux Mentadiots, au centre du château de Sully;

Du point N, ci-dessus déterminé, au point M, intersection de la ligne passant par le château de Sully et la maison Bonamour, aux Mentadiots, avec la ligne menée du moulin du Bas-de-Canada, au point C de la ligne se dirigeant du clocher d'Auxy à la maison L'Homme, à Marvelay, et fixé à 1,200 mètres de cette maison;

Du point M au moulin du Bas-de-Canada;

Dudit moulin au point O d'intersection de la ligne menée de ce moulin au pont de la Drée, avec la ligne menée du val Saint-Benoît au clocher de Saisy;

Du point O au clocher de Saisy;

Du clocher de Saisy au pont de la Drée;

Du pont de la Drée au château de Sully;

Enfin, du château de Sully au point B, point de départ.

Art. 3. Les terrains composant cette *extension de concession* seront et demeureront réunis à ceux *qui sont conservés* dans la concession primitive, et formeront avec eux une concession unique, laquelle est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, par le polygone N, P, K, A, R, O, S, M, savoir :

Au nord, par la partie N P d'une ligne droite allant de la maison Claude Fichot, située au Petit-Moloy, à la chapelle de Morgelle; le point M étant déterminé par l'intersection d'une ligne droite passant par l'angle nord-ouest de la maison Bonamour, sise aux Mentadiots, et par le centre du château de Sully; par une seconde ligne droite menée de ladite chapelle de Morgelle à la croix de bois de Grandvaux, point K du plan, et par une troisième ligne dirigée du point A sur le point K, qui se trouve à 2865 mètres de Molinot, sur la ligne réunissant le clocher de Molinot et le clocher de Saisy, point R du plan;

A l'est, par la portion de ladite ligne droite allant du clocher de Molinot au clocher de Saisy, qui se trouve comprise entre les points A et R.

Au sud, par une ligne droite allant dudit clocher de Saisy au point O, intersection d'une ligne menée du moulin du Bas-de-Canada au pont de la Drée, et d'une autre ligne joignant le clocher de Saisy et le Val Saint-Benoît; par la portion O S de la ligne droite réunissant *ledit* point O et le moulin du Bas-de-Canada, point S du plan, et par

la portion SM d'une ligne droite allant dudit moulin au point C, qui se trouve à 1,200 mètres de la maison Lhomme, sise à Marvelay, sur une ligne droite menée de cette maison au clocher d'Auxy, le point M étant l'intersection de la ligne SC et de la ligne passant par le centre du château de Sully et l'angle nord-ouest de la maison Bonamour, aux Mentadiots.

A l'ouest, enfin, par la portion de ladite ligne droite, passant par le centre du château de Sully et l'angle nord-ouest de la maison Bonamour, qui se trouve comprise entre le point M et le point N, où se ferme le polygone.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 34 kilomètres carrés 35 hectares.

*Cahier des charges relatif à l'extension de la concession des mines de houille d'*Epinac.

(Extrait.)

Art. 19. Les concessionnaires ne pourront pratiquer aucun travail souterrain à une distance moindre de 20 mètres du plan vertical déterminé par la ligne de séparation avec la concession de Sully; en conséquence, ils laisseront intact, sur chaque couche de houille en dedans de ladite limite, un massif de houille de 20 mètres au moins. Ce massif ne pourra ni être entamé ni traversé par un ouvrage quelconque, que dans le cas où le préfet, après avoir entendu les concessionnaires intéressés, et sur le rapport des ingénieurs des mines, aura autorisé cet ouvrage, et prescrit le mode suivant lequel il devra être exécuté. Dans le cas où l'utilité des massifs aurait cessé, un arrêté du préfet serait nécessaire pour autoriser les concessionnaires à exploiter la partie qui leur appartiendra.

Ordonnance du 8 *mars* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Joseph d'Hugues *et* François-Victor Augier, *de mines de lignite situées dans la commune de* Réauville (Drôme). Mines de lignite de Montjoyer.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *conces-*

sion de Montjoyer, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par la limite séparative des territoires des communes de Réauville et de Rochefort, à partir du point X, où cette limite est coupée par le chemin de Montjoyer à Colombier, jusqu'au point D, où elle rencontre la route de Montélimar à Taulignon ;

A l'est, par une ligne droite, allant du point D au point Y, où le chemin de Fraisse à Salles atteint la limite séparative des territoires des communes de Réauville et de Grignan, et par la portion de cette limite comprise entre ledit point Y et le point B où elle est coupée par la route de Montélimar à Grignan ;

Au sud, par une ligne droite menée dudit point B au point A, intersection des ruisseaux du Fraisinas avec le chemin de Montjoyer à Allan, en ne prenant que la portion de cette ligne, qui se termine au point Z où elle coupe le chemin de Montjoyer à Réauville ;

A l'ouest, enfin, par la partie dudit chemin de Montjoyer à Réauville, comprise entre ledit point Z et le village de Montjoyer, et par le chemin de Montjoyer à Colombier, jusqu'au point X où il atteint la limite séparative des territoires de Réauville et de Rochefort.

Lesdites limites renferment une étendue superficielle de six kilomètres carrés vingt-trois hectares.

Mines de cuivre, plomb, argent, zinc, antimoine, etc., de Villefranche.

Ordonnance du 8 mars 1841, portant qu'il est fait concession aux sieurs Alfred Roy de l'Écluse *et* Ollivier de Fontaine, *de mines de cuivre, plomb, argent, zinc, antimoine et autres métaux contenus dans les mêmes gîtes, qui sont situées dans les communes de* Villefranche, Saint-Remy, Maleville, la Bastide-l'Évêque, Morlhon *et* Sanvensa, *arrondissement de* Villefranche (Aveyron).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom *de concession de Villefranche*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir

Au nord, par une ligne droite menée de l'angle sud-est du domaine de Flangé à l'angle nord-est de Bieulaigne;

A l'est, par une ligne droite menée du point précédent à l'angle nord-ouest de la maison la plus à l'ouest du village de Compans, et par une seconde droite tirée du point précédent au clocher de Sauvensa;

Au sud, par une ligne droite menée du clocher de Sauvensa à l'angle le plus au nord du village de Cluzet, et par une deuxième droite menée de ce dernier point à la jonction des territoires des communes de Villefranche, Monteils et Sauvensa, point A du plan, mais arrêtée au point où elle est rencontrée par la ligne menée de l'extrémité sud-ouest du pont de Villefranche au clocher de Monteils, point B du plan;

A l'ouest, par la portion de cette même droite comprise entre le point B et l'angle sud-ouest du pont de Villefranche, et par une seconde droite menée de ce dernier point à l'angle sud-est du domaine de Flangé, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de trente et un kilomètres carrés neuf hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre, plomb, etc., de VILLEFRANCHE.

(Extrait.)

Art. 24. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission, à cet effet, dans les formes déterminées par les art. 74 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 8 *mars* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Alfred Roy de l'Écluse *et* Ollivier de Fontaine, *de mines de cuivre, plomb, argent, zinc, antimoine et autres métaux contenus dans les mêmes gîtes, qui sont situées dans les communes de* Saint-André la Feuillade *et* Najac, *arrondissement de* Villefranche (Aveyron).

Mines de cuivre, plomb, argent, zinc, antimoine, etc., de Pichiguet.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Pichiguet*, est limitée, conformément au plan annexé à notre ordonnance relative à la concession de Villefranche, ainsi qu'il suit; savoir :

Au nord, par une ligne droite, menée de l'angle nord-ouest du hameau de l'Espanié, à l'angle du confluent des deux ruisseaux de la Fargue et de Cussard ;

A l'est, par une ligne droite, menée du point précédent à la croix des Griffouls ;

Au sud, par trois lignes droites, menées de ce dernier point à l'angle nord-ouest de Belpech-haut, de ce point à la croix de la Levade, et de ce dernier point à l'angle nord-ouest du Mazet ;

A l'ouest, par une ligne droite, menée du point précédent à l'angle nord-ouest de l'Espanié, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix-sept kilomètres carrés soixante-quatre hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre, plomb, etc., de Pichiguet.

(Extrait.)

Art. 24. Ut suprà.

Usine à fer, à Givors.

Ordonnance du 8 *mars* 1841, *portant que les sieurs* Mignot et compagnie *sont autorisés à construire, sur un terrain situé près de la gare de* Givors, *commune de* Givors (Rhône), *une usine comprenant :*

1° *Deux hauts-fourneaux*,
2° *Quatre affineries*,
3° *Dix fours à pudler*,
4° *Quatre fourneaux à réchauffer*,
5° *Quatre fourneaux à la Wilkinson*,
6° *Les laminoirs et autres appareils de compres-*

sion nécessaires à la fabrication et à l'étirage du fer.

(Extrait.)

Art. 4. Conformément à la déclaration qu'ils ont faite dans leur demande, les permissionnaires n'emploieront dans leur usine que de la houille et du coke pour combustible.

Ordonnance du 8 mars 1841, portant que le sieur LAMOTTE-PIROTTE *est autorisé à établir, sur la tête d'eau des moulins de* ROUVROY, *dont il est propriétaire dans la commune de ce nom, arrondissement de* ROCROY (Ardennes), *une usine à fer qui sera composée, ainsi qu'il suit :* Usine à fer, à Rouvroy.

1° Un haut-fourneau,

2° Deux feux d'affinerie au charbon de bois,

3° Deux fours à puddler,

4° Un four à réverbère de chaufferie,

5° Des machines soufflantes en nombre suffisant,

6° Des machines de compression nécessaires pour la fabrication des fers de divers échantillons.

(Extrait.)

Art. 2. Il ne sera pratiqué aucun étang ou retenue d'eau en amont de l'usine présentement autorisée. La largeur réduite du bief d'amont, mesurée au niveau de l'eau, ne dépassera pas huit mètres.

Art. 3. Le lit actuel de la rivière, en aval de l'usine, continuera de servir de canal de fuite. Un nouveau canal de décharge sera ouvert, suivant le tracé figuré, à l'encre rouge, sur le plan d'ensemble. Ce canal sera placé entièrement sur la propriété du permissionnaire, qui garantira les propriétés placées en face de l'embouchure de cette décharge, de tout dommage que pourrait occasionner le choc des eaux.

Art. 4. Le permissionnaire établira, à ses frais, et entretiendra, à perpétuité, sur le nouveau canal de décharge, une passerelle placée dans le prolongement de celle exis-

tante sur le canal de fuite. Cette passerelle aura une largeur de deux mètres entre les garde-corps, et le permissionnaire fournira sur son terrain le passage nécessaire pour les abords de cet ouvrage.

Deux seuils en charpente, barrant toute la largeur du lit de chacun des deux canaux de fuite, seront placés par le sieur Lamotte-Pirotte au point où il cesse d'être propriétaire des deux rives. Le seuil, placé dans l'ancien cours, sera établi au niveau du sol gravier, et celui qui barre le nouveau canal sera de 0m,25 plus élevé que le premier, de telle sorte qu'à basses eaux tout le volume du ruisseau continue à passer dans l'ancien lit; les attérissements et remblais qui existent en tête des seuils seront d'ailleurs enlevés de manière à favoriser ces dispositions. Le permissionnaire devra entretenir ces ouvrages en bon état, de manière que le nouveau canal ne serve que de décharge pour les hautes eaux, sans enlever aux héritages riverains de l'ancien cours les avantages résultant *de leur position.*

Art. 14. Le permissionnaire sera *assujetti à la formalité* du compte ouvert au bureau des douanes d'Aubigny et aux recensements que les employés des douanes jugeront à propos de faire dans son établissement, sans que ceux-ci soient tenus de se faire assister d'un officier municipal.

[illegible]

Ordonnance *du* 12 *avril* 1841, *portant qu'il est fait concession à la dame* Renée Berset-d'Hauterive, *veuve du sieur* Ambroise-Joseph Duchemin-Dubois-Dupin, *au sieur* Armand-René Soucasse, baron de Lanfrevoisin, *à la dame* Renée-Désirée-Blanche-Claire Duchemin-Dubois-Dupin, *son épouse*, *et au sieur* Louis Rigot, *de mines d'anthracite situées communes de* Chemeré, Ballée, Saulges *et d'*Epineux-le-Séguin (Mayenne).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession de la Morre et de la Cipotière, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par trois droites menées, la première du clocher d'Epineux-le-Séguin au bâtiment d'habitation de la ferme de la Gaimerie; la deuxième, de ce dernier point au bâtiment d'habitation du Grand-Rousson; la troisième, du Grand-Rousson au bâtiment est de la ferme de la Maison-Neuve;

Au nord-ouest, par la droite passant par le bâtiment est de la ferme de la Maison-Neuve et le bâtiment d'habitation de Lorière;

Au sud-ouest, par une droite menée de ce dernier point au bâtiment ouest de la ferme de la Pommeraie, et prolongée jusqu'à la limite nord de la concession de Fercé;

Au sud-est, en suivant ladite limite jusqu'au clocher d'Épineux-le-Séguin, point de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés quatre-vingt-quinze hectares quatre-vingt-cinq ares.

Ordonnance du 12 *avril* 1841, *portant qu'il est fait concession au sieur* ASTRIÉ *de mines de fer situées dans les communes de* CHATEAU-VERDUN, *d'*ASTON, *du* PECH, *de* LARCAT *et des* CABANES (Ariége).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Château-Verdun*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-ouest, par deux lignes droites allant, l'une du col d'Ourlan à la chapelle de Saint Barthélemy, et l'autre de ce dernier point au confluent de la rivière d'Aston et de la rivière de l'Ariége;

Au nord-est, par le cours de cette dernière rivière, depuis le confluent précité jusqu'au moulin dit des Cabanes;

Au sud-est, par une ligne droite, menée de ce moulin au roc de la Bouscarre;

Enfin, *au sud-ouest*, par une autre ligne droite, partant de ce roc et aboutissant au col d'Ourlan, point de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de six kilomètres carrés quarante hectares.

Art. 2. La présente concession est faite sous toutes réserves des droits qui résultent, pour les propriétaires de la surface, des articles 59 et suivants et de l'art. 69 de la loi du 21 avril 1810, tant à l'égard des minerais de fer *dits* d'alluvion, que relativement aux minerais en filons ou couches qui seraient situés près de la surface, et susceptibles d'être exploités à ciel ouvert, pourvu que ce mode d'exploitation ne rende pas impossible l'exploitation ultérieure, par travaux souterrains, des minerais situés dans la profondeur.

Sont pareillement réservés tous les droits résultant, pour les propriétaires de la surface, de l'art. 70 de la même loi, à raison des exploitations qui auraient été faites, au profit de ces propriétaires, antérieurement à la concession.

En cas de contestation entre les propriétaires *du sol* et le concessionnaire, sur la question de savoir *si un gîte de* minerai doit ou non être exploité à *ciel ouvert, ou si* ce genre d'exploitation doit cesser, il sera statué par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues, sauf le recours au ministre des travaux publics.

Art. 10. Dans le cas prévu par l'art. 49 de la loi du 21 avril 1810, où l'exploitation serait restreinte ou suspendue, sans cause reconnue légitime, le préfet assignera aux concessionnaires un délai de rigueur, qui ne pourra excéder six mois. Faute par les concessionnaires de justifier, dans ce délai, de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer, il en sera rendu compte, conformément audit art. 49, à notre ministre des travaux publics qui prononcera, s'il y a lieu, le retrait de la concession, en exécution de l'art. 10 de la loi du 27 avril 1838 et suivant les formes prescrites dans l'art. 6 de la même loi.

Art. 11. Provisoirement, et jusqu'à ce que la décision du ministre soit rendue, le préfet déterminera, par un arrêté, le mode suivant lequel il conviendra de procéder à l'exploitation des minerais de fer, qui seraient nécessaires aux usines du voisinage.

Cet arrêté sera soumis à l'approbation de notre ministre des travaux publics.

Cahier des charges de la concession des mines de fer de Chateau-Verdun.

(Extrait.)

Art. 12. Le concessionnaire sera tenu de fournir aux usines qui auraient eu, antérieurement à l'ordonnance de concession, le droit de s'approvisionner de minerais de fer sur des exploitations comprises dans la concession, la quantité de minerai qui sera fixée par l'administration, en se conformant aux anciens usages.

Art. 24. Le concessionnaire ne pourra établir des usines, pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de ses mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les art. 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 29 *avril* 1841, *portant que le sieur* Renard-Maissin *est autorisé à établir un haut-fourneau près de sa platinerie de* Pouru-Saint-Remy (Ardennes), *permissionnée par l'ordonnance royale du* 13 *décembre* 1839. Haut-fourneau, à Pouru-Saint-Remy.

(Extrait.)

Art. 7. Le permissionnaire sera tenu d'avoir un compte ouvert avec le bureau de la douane de Douzy. Il se soumettra aux visites et recensements que les employés des douanes jugeront à propos de faire dans son établissement, sans que ceux-ci soient tenus de se faire assister d'un officier municipal.

Ordonnance du 29 *avril* 1841, *portant que le sieur* Renard-Maissin *est autorisé à établir sur le ruisseau du* Paquis-Jay, *dans la commune de* Pouru-Saint-Remy (Ardennes), *une usine à fer composée :* Usine à fer, à Pouru-St-Remy.

1° *D'un feu d'affinerie au charbon de bois ;*

2° *De trois feux de chaufferie à la houille ;*

3° *Des machines soufflantes et de compression nécessaires à la fabrication du fer et à sa transformation en divers produits ;*

4° *D'un moulin et d'une émoulerie.*

(Extrait.)

Art. 11. Le permissionnaire est tenu d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Douzy. Il se soumettra aux visites et aux recensements que les employés des douanes jugeront à propos de faire dans son usine, sans que ceux-ci soient tenus de se faire accompagner d'un officier municipal.

Patouillet et lavoir à cheval, à Vaux-le-Moncelot.

Ordonnance du 29 *avril* 1841, *portant que le sieur* de Magnoncourt *est autorisé à établir un patouillet et un lavoir à cheval, pour le lavage du minerai de fer, dans sa propriété aux lieux* dits le Breuil *et le* Chatelard, *commune de* Vaux-le-Moncelot, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône).

Usine à fer, à Sireuil.

Ordonnance du 11 *mai* 1841, *portant que les sieurs* Malagou, Cordier *et* Bourzac *sont autorisés à convertir leur moulin de* Sireuil, *commune du même nom* (Charente), *situé sur la rive droite de la* Charente, *en une usine à fer, qui sera composée de trois feux doubles d'affinerie, d'une machine soufflante, d'un laminoir pour le fer, d'une tréfilerie, d'une fabrique de pointes, et des fourneaux à réchauffer, fours à recuire et machines nécessaires.*

(Extrait.)

Art. 5. Les permissionnaires pourront ouvrir dans leur usine, au delà de la digue mouillée, quatre coursiers, et même un plus grand nombre, sans aucune condition de largeur et de profondeur, à la charge seulement de rem-

plir les clauses stipulées dans les deux articles précédents.

Art. 7. Dans aucun temps et sous aucun prétexte, les propriétaires de l'usine de Sireuil ne pourront user de l'eau de manière à nuire à la navigation et à abaisser le plan d'eau au-dessous du couronnement de la digue mouillée; aussitôt que le sommet de cette digue commencera à se découvrir, ils devront, sur la réquisition de l'éclusier, mettre toutes les vannes à fond. L'infraction à cette disposition sera punie conformément à l'arrêt du conseil du 20 décembre 1780, article 1er.

En toutes circonstances, le mouvement de l'usine sera subordonné au service et aux besoins de la navigation.

Aucun des coursiers de l'usine ne pourra être employé à la pêche.

Ordonnance du 11 *mai* 1841, *portant que les sieurs* JACQUOT *et* HANNOTIN *sont autorisés à établir deux hauts-fourneaux pour la fusion des minerais de fer et un bocard à douze pilons pour la préparation de ces minerais, sur la rivière de* SAULX, *près du moulin qu'ils possèdent dans la commune de* SERMAIZE (Marne).

Hauts-fourneaux et bocard, à Sermaize.

Ordonnance du 11 *mai* 1841, *portant que le sieur* CHALOUPIN *est autorisé : 1° à maintenir en activité la forge dite de* CHEZ-BIGOT, *qu'il possède sur le ruisseau de* TRIEUX, *commune de* BUSSEROLLES (Dordogne); *2° à construire dans cette usine un haut-fourneau et autres accessoires.*

Usine à fer dite de Chez-Bigot, à Busserolles.

Ledit établissement demeurera, en conséquence, composé ainsi qu'il suit, savoir :

1° Un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer;
2° Un bocard pour les laitiers;
3° Un lavoir à bras pour le minerai;
4° Deux feux d'affinerie et un marteau.

Bocard et patouillet à Avrainville.

Ordonnance du 11 mai 1841, portant que le sieur Garis-Dehureid *est autorisé à établir, en remplacement de trois des quatre lavoirs à bras permissionnés par l'ordonnance du 22 avril 1840, un bocard à cinq pilons et un patouillet pour la préparation du minerai de fer, sur le ruisseau des* Fontaines de Framiaux, *dans sa propriété, commune d'*Avrainville (Haute-Marne).

L'usine demeurera, en conséquence, composée d'un bocard, d'un patouillet et d'un lavoir à bras.

Lavoirs à bras à Sailly.

Ordonnance du 11 mai 1841, portant que le sieur de Rouges *est autorisé à conserver et tenir en activité dix lavoirs à bras, servant au lavage du minerai de fer, établis au lieu dit* Marchétal, *commune de* Sailly, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne).

Mines de houille de la Sibertière.

Ordonnance du 23 mai 1841, portant qu'il est fait concession aux sieurs Jean-Baptiste Albert, Henry-Thomas Hutter, Hutter et compagnie, Jean-Pierre Reyre, Jean-Étienne Rouvier, Jean-Pierre Vernay, *et à la dame* Michaud, *veuve* Thiard, *constitués en société civile par acte authentique du 10 novembre 1838, de mines de houille situées dans la commune de* Saint-Jean-de-Bonnefond (Loire).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Sibertière*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'ouest, une ligne menée du clocher de Rochetaillée à celui de Sorbiers, depuis le point R, où elle coupe le ruisseau du Janon, jusqu'au point M, où elle coupe la route royale de Lyon à Saint-Étienne ;

Au nord, la ligne MN, tirée du dernier point ci-dessus au point N, où la route royale de Lyon à Saint-Étienne coupe la limite orientale de la commune de Saint-Jean de Bonnefond;

A l'est et *au sud*, la limite de la commune de Saint-Jean de Bonnefond, à partir du point N jusqu'au point Q, où elle coupe le ruisseau du Janon, et ensuite ledit ruisseau, depuis ce dernier point jusqu'à sa rencontre, au point R, avec la ligne menée du clocher de Rochetaillée à celui de Sorbiers, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de un kilomètre quatre-vingt-neuf hectares quatre-vingt-cinq ares;

Art. 4. Le droit attribué aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé à une redevance en nature proportionnelle aux produits de l'extraction, laquelle sera payée par les concessionnaires aux propriétaires des terrains sous lesquels ils exploiteront; cette redevance est fixée ainsi qu'il suit :

Pour les couches de 2 mètres de puissance et au-dessus, à ciel ouvert, la redevance sera le quart du produit brut; par puits, jusqu'à 50 mètres inclusivement, le sixième; de 50 à 100 mètres, le huitième; de 100 à 150 mètres, le dixième; de 150 à 200 mètres, le douzième; de 200 à 250 mètres, le quatorzième; de 250 à 300 mètres, le seizième, et au delà de 300 mètres, le vingtième.

Ces fractions diminueront d'un tiers pour les épaisseurs des couches de 2 mètres à 1 mètre; de moitié pour les épaisseurs de 1 mètre à 1/2 mètre, et de trois quarts pour les couches au-dessous de 1/2 mètre, le tout ainsi qu'il est indiqué au tableau suivant.

Enfin, toutes ces fractions sont réduites d'un tiers, dans le cas où les concessionnaires emploieraient la méthode d'exploitation *par remblais*. Néanmoins, cette réduction n'aura lieu que dans le cas où il sera reconnu que le remblai occupera la huitième partie, au moins, des excavations opérées, et que la méthode procurera l'enlèvement des cinq sixièmes, au moins, de la houille contenue dans chaque tranche de couche en extraction.

Le remblai s'entendra des matières transportées et disposées de manière à soutenir le toit des excavations, et non des débris détachés du toit de la couche, soit par éboulement naturel, soit artificiellement.

Tableau des redevances à payer aux propriétaires de la surface par les concessionnaires.

PROFONDEURS.	PUISSANCE DES COUCHES.			
	de 2 m. et au-dessus.	de 2 m. à 1 m.	de 1 m. à 1/2 m.	au-dessous de 1/2 m.
A ciel ouvert.	1/4	1/6	1/8	1/16
Par puits, jusqu'à 50 mètres inclusivement.	1/6	1/9	1/12	1/24
De 50 à 100 mètres.	1/8	1/12	1/16	1/32
De 100 à 150 mètres.	1/10	1/15	1/20	1/40
De 150 à 200 mètres.	1/12	1/18	1/24	1/48
De 200 à 250 mètres.	1/14	1/21	1/28	1/56
De 250 à 300 mètres.	1/16	1/24	1/32	1/64
Au delà de 300 mètres. . . .	1/20	1/30	1/40	1/80

Les dispositions du tarif ci-dessus seront applicables toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface. S'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance, pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

Art. 5. Les nombres portés dans le tarif ci-dessus, à la colonne *profondeurs*, expriment les distances verticales qui existent entre le sol de chaque place d'accrochage (ou recette) de la houille à l'intérieur de la mine et le seuil bordant à l'extérieur l'orifice des puits, soit que l'extraction s'opère par un puits vertical, soit qu'elle ait lieu par un puits incliné (ou fendue). Le cas arrivant où la tonne (ou benne) qui contient la houille serait accrochée au bout d'un plan incliné sur le prolongement d'un puits vertical, la profondeur ne sera comptée qu'à partir de la naissance du puits vertical.

Art. 6. Les puissances des couches de houille portées au tarif expriment les épaisseurs réunies des différents lits (ou assises) de houille dont se compose une même couche.

déduction faite des bancs de roches interposés entre ces lits. Toutefois, la déduction aura lieu seulement à l'égard des bancs ou bandes de roches qui se seront présentés avec continuité sur une surface de 100 mètres carrés, au moins, avec une épaisseur moyenne de $0^m,10$ et au-dessus.

Art. 7. La redevance sera délivrée jour par jour en nature, à moins que les propriétaires n'aiment mieux la recevoir en argent. Dans ce cas, elle sera payée par semaine par les concessionnaires, suivant le prix courant de la houille de même qualité dans les concessions voisines.

Les propriétaires devront déclarer aux concessionnaires en quelle valeur ils veulent percevoir leur redevance, soit en nature, soit en argent, et cette déclaration sera obligatoire jusqu'à l'abandon de la couche en exploitation au moment où la déclaration aura été faite.

Cahier des charges de la concession des mines de houille de la Sibertière.

(Extrait.)

Art. 4. Les plans et mémoires fournis en exécution du précédent article (*plans et mémoires indiquant le mode circonstancié des travaux d'exploitation projetés*) contiendront le tracé et la déclaration des propriétés territoriales que le champ d'exploitation projeté devra embrasser. Un extrait de la déclaration rédigé par l'ingénieur des mines, sera affiché pendant un mois à la porte de la mairie dans la commune sur laquelle s'étend le périmètre de la concession.

Art. 6. Aussitôt que les concessionnaires porteront l'extraction sous une propriété nouvelle, ils seront tenus d'en prévenir le propriétaire du sol. Ce propriétaire pourra placer, à ses frais, un préposé pour vérifier la quotité des produits journaliers de l'exploitation.

Art. 9. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous la route royale de Lyon à Saint-Étienne ou à une distance de ses bords moindre de dix mètres, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet, donnée sur le rapport des ingénieurs des mines et des ingénieurs des ponts et chaussées.

Art. 12. Les concessionnaires ne pourront abandonner aucune portion notable des ouvrages souterrains, sans en avoir prévenu le préfet trois mois au moins à l'avance, afin qu'il soit pourvu à l'exécution des dispositions de police, de sûreté et de conservation prescrites par les articles 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813.

Ils joindront à leur déclaration le plan des ouvrages qu'ils se proposeront d'abandonner.

Les ouvertures au jour des puits ou galeries qui deviendront inutiles, seront solidement comblées ou bouchées par les concessionnaires, ou à leurs frais, suivant le mode qui sera prescrit par le préfet, sur la proposition de l'ingénieur des mines, et à la diligence des maires des communes sur lesquelles ces ouvertures seront situées.

Art. 13. La déclaration des concessionnaires contiendra la désignation des propriétés territoriales auxquelles correspondra le champ des travaux qu'il s'agira d'abandonner. Cette déclaration sera affichée *ainsi qu'il est dit* à l'article 4 ci-dessus. Les concessionnaires seront tenus de notifier aux propriétaires intéressés l'autorisation du préfet dans le délai de huit jours, à partir de la notification qui leur en aura été faite à eux-mêmes.

Art. 21. Les plans et registres mentionnés à l'article précédent (*plans et registres des travaux qui doivent être tenus en ordre sur chaque mine*) contiendront l'indication des propriétés territoriales sous lesquelles l'exploitation aura lieu.

Mines de houille de Bencla.

Ordonnance du 23 *mai* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Fleury-Nicolas de Montviol, Marcellin Coular-Descos, Victor Berthollet et Pierre Caire, *réunis en société par acte du* 3 *novembre* 1838, *de mines de houille situées dans la commune de* Sorbiers (Loire).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *Concession de Bencla*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, une ligne menée du point E, rencontre du

chemin qui vient de la Flache avec le ruisseau Langonan, au point B, intersection des deux chemins au sud-est de Chana, ladite ligne prolongée jusqu'à sa rencontre au point A, avec le prolongement de la ligne menée du clocher de Rochetaillée à celui de Sorbiers;

A l'ouest, par ladite ligne, depuis le point A jusqu'au point H, où elle coupe la limite de la commune de Sorbiers;

Au sud et *à l'est*, par les limites de ladite commune, jusqu'au point E, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle d'un kilomètre carré soixante-quatre hectares.

Art. 4. (Ut suprà.)

Art. 5. (Idem.)

Art. 6. (Idem.)

Art. 7. (Idem.)

Cahier des charges de la concession des mines de houille de Bencla.

(Extrait.)

Art. 4. (Ut suprà.)

Art. 6. (Idem.)

Art. 9. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous la route départementale de la Loire au Rhône, ou à une distance de ses bords moindre de dix mètres, ou sous le village de Sorbiers, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, après que les ingénieurs des ponts et chaussées ou le maire, le conseil municipal et les propriétaires intéressés, s'il s'agit de travaux à entreprendre sous le village, auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'autorisation d'exécuter les travaux pourra être refusée par le préfet, s'il est reconnu que l'exploitation soit de nature à compromettre la sûreté du sol, celle des habitants ou la conservation des édifices.

Art. 12. (Ut suprà.)
Art. 13. (Idem.)
Art. 21. (Idem.)

Mines de houille de Saint-Jean-de-Bonnefond.

Ordonnance du 23 *mai* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Camille, Antoine-Jean-Baptiste, Charles-Antoine-Henry de Rochetaillée, Bernard-Laurent de Jussieu, Philibert-Antoine Montagnier, Jean-Pierre Peyret, Louis Catelan, Benoît Descours, Antoine-Nicolas Descours, Jacques-Emmanuel Maurel, Joseph Rey, Jean Dugier *et à la dame veuve* Dumarcet, *constitués en société civile par acte du* 10 *décembre* 1838, *de mines de houille dans la commune de* Saint-Jean-Bonnefond (Loire).

(Extrait)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *Concession de Saint-Jean-Bonnefond*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'ouest, une ligne menée du clocher de Rochetaillée à celui de Sorbiers, depuis le point M, où elle coupe la route royale de Lyon à Saint-Étienne, jusqu'au point O, point limite de la concession de Chaney ;

Au nord, la ligne OP, menée du dernier point ci-dessus au point P, intersection du chemin venant de la Grau avec la limite orientale de la commune de Saint-Jean-Bonnefond ;

A l'est, ladite limite depuis le dernier point ci-dessus jusqu'au point N, où elle coupe la route royale de Lyon à Saint-Étienne ;

Au midi, la ligne MN, menée du dernier point ci-dessus au point M, point de départ ; ladite ligne MN forme la limite nord de la concession de la Sibertière.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de trois kilomètres carrés vingt-deux hectares.

Art. 4. (Ut suprà.)

Art. 5. (Idem.)

Art. 6. (Idem.)
Art. 7. (Idem.)

***Cahier des charges de la concession des mines de houille de* SAINT-JEAN-BONNEFOND.**

(Extrait.)

Art. 4. (Ut suprà.)
Art. 6. (Idem.)
Art. 9. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous la route royale de Lyon à Saint-Etienne ou à une distance de ses bords moindre de dix mètres, ou sous le village de Saint-Jean-Bonnefond, ces travaux ne pourront être exécutés, etc. (le reste comme dans le cahier de charges précédent).
Art. 12. (Ut suprà.)
Art. 13. (Idem.)
Art. 21. (Idem.)

Ordonnance du 23 *mai* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Claude-François-Camille OUDOT *et* Jean-Baptiste FALIGAN, *de mines de houille dans les communes de* SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS, SAINT-GEORGES-SUR-LOIRE *et* CHAMPTOCÉ, *arrondissement d'*ANGERS (Maine-et-Loire). Mines de houille de St-Germain-des-Prés.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-Germain-des-Prés*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, une ligne droite menée du clocher de Saint-Germain-des-Prés à Chantepie (angle sud-ouest du bâtiment le plus à l'ouest); puis une seconde ligne droite menée de ce dernier point sur la Chétarderie (angle nord-ouest), et prolongée jusqu'à sa rencontre avec la ligne droite tirée du clocher de Saint-Georges-sur-Loire sur la grande Guibrette;

A l'est, la portion de cette dernière droite, comprise

entre le point de rencontre avec la ligne prolongée passant par Chantepie et par la Chétarderie et la grande Guibrette;

Au sud, d'abord une petite droite tirée de la grande Guibrette (angle sud-est) sur le bâtiment de la basse Guibrette le plus au sud (angle sud); ensuite la rive droite de la Loire, depuis la basse Guibrette jusqu'au point où la rive est rencontrée par la droite tirée de la basse Guibrette à la Jametrie; puis, la portion de cette ligne droite comprise entre le point d'intersection ci-dessus et celui où elle est recoupée par la droite menée du clocher de Saint-Germain à la maison de Varennes le plus à l'ouest;

Enfin, à l'ouest, cette dernière droite depuis Varennes jusqû'à Saint-Germain-des-Prés, point de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix kilomètres carrés quarante-sept hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de houille de SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS.

(Extrait.)

Art. 8. Dans le cas où les travaux projetés devraient s'approcher du lit de la Loire à une distance telle qu'on pourrait craindre l'inondation de la mine, ou bien s'ils devaient s'étendre sous un canal ou à une distance de ses bords moindre de dix mètres, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation du préfet, donnée sur le rapport de l'ingénieur des mines. Lorsqu'il s'agira d'un canal, les ingénieurs des ponts et chaussées seront entendus, et les travaux ne pourront être autorisés qu'après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'arrêté du préfet qui autorisera, s'il y a lieu, les travaux, pourra ordonner aux concessionnaires d'encaisser le canal dans un lit de glaise, de manière à ne permettre aucune infiltration, et de murailler solidement ou de remblayer complétement les excavations souterraines, si la nature du sol ou le peu de profondeur de ces excavations donne lieu de craindre des affaissements.

L'autorisation pourra même être refusée, s'il est reconnu

qu'il est impossible de préserver la mine d'une inondation, ou que, malgré toutes les précautions qui pourraient être prises, les travaux sont de nature à compromettre la conservation du canal ou des édifices et constructions qui en dépendent.

Ordonnance du 23 mai 1841, portant qu'il est fait concession aux sieurs Antoine PEYRALADE, Louis SALVAT *et* Ambroise SALVAT, *de mines de cuivre et autres métaux, communes de* FOSSE *et de* SAINT-MARTIN (Pyrénées-Orientales).

Mines de cuivre et autres métaux, de Fosse et Saint-Martin.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Fosse et Saint-Martin*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite, allant du Pilon de la Canal au point de jonction du chemin de Saint-Martin à Saint-Paul avec le chemin dit *Carrié de la Perdit*;

A l'est, par une ligne droite, allant dudit point de jonction à l'église de Saint-Martin;

Au sud, par une ligne droite allant de l'église de Saint-Martin au moulin vivier dit de Perles;

A l'ouest, par deux lignes droites allant, l'une du moulin de Perles à l'église de Fosse, et l'autre de cette église au Pilon de la Canal, point de départ.

Lesdites limites renferment une étendue superficielle de trois kilomètres carrés cinquante-neuf hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre et autres métaux, situées dans les communes de FOSSE *et de* SAINT-MARTIN.

(Extrait.)

Art. 23. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet dans les formes déterminées par les art. 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Usine à fer de Lamothe.

Ordonnance du 23 mai 1841, portant que le sieur Marsat *est autorisé à conserver et maintenir en activité l'usine à fer de* Lamothe, *située sur la rivière du* Bandiat, *commune de* la Feuillade, *arrondissement d'*Angoulême (Charente).

Cette usine demeure composée :

1° *D'un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer ;*

2° *De deux affineries pour la conversion de la fonte en fer forgé ;*

3° *Des machines soufflantes et de compression nécessaires ;*

4° *De quatre lavoirs à mines et d'un bocard à laitiers.*

Art. 2. Le propriétaire de l'usine sera tenu de se soumettre au règlement général à intervenir sur le mode de jouissance des eaux du Bandiat.

Bocard et patouillet, à Poissons.

Ordonnance du 23 mai 1841, portant que le sieur Pierre-Adolphe Muel *est autorisé à établir un bocard à huit pilons et un patouillet à deux huches pour la préparation du minerai de fer, dans sa propriété, sur une dérivation de la rivière de* Rougeant, *commune de* Poissons (Haute-Marne).

Haut-fourneau et patouillet.

Ordonnance du 30 mai 1841, portant que les sieurs Floriot *et* Petit *sont autorisés à établir un haut-fourneau et un patouillet à deux huches pour la préparation du minerai de fer, dans leur propriété, sur le ruisseau des* Abymes, *commune de* Chateau-Villain, *arrondissement de* Chaumont (Haute-Marne).

Ordonnance du 9 juin 1841, portant réunion à la concession des mines de manganèse de MILHAC (Dordogne), *des terrains qui en avaient été retranchés par l'ordonnance du 27 février* 1837. Mines de manganèse de Milhac.

Art. 1. Les limites de la concession des mines de manganèse de Milhac (Dordogne), accordée au sieur Jules Gilbert Delanoue, par l'ordonnance royale du 10 mars 1833, sont et demeurent définitivement fixées conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud, par une ligne droite menée du clocher de Milhac-de-Nontron à l'angle *nord* du bâtiment le plus septentrional de la Marthonie; par une autre ligne droite tirée de ce dernier point à l'angle *sud-ouest* de la maison de Lamothe; par une autre ligne droite tirée de ce dernier point au confluent des deux ruisseaux de Lâge et de la Feuillarge, et par une autre droite menée de ce dernier point à l'angle *sud* de Lespinasse.

A l'est, par une droite tirée de ce dernier point à la croix sise sur le chemin de Saint-Martin de Fressengeas au point où celui-ci est coupé à angle droit par un autre chemin public, et par une autre droite menée de ce dernier point à la rencontre du chemin de Saint-Martin de Fressengeas et de la chapelle Faucher, limites occidentales de la concession de Saint-Martin de Fressengeas.

Au nord, par une ligne droite tirée de ce dernier point à l'angle *nord* de la maisonnette des vignes de Lâge; par une autre droite tirée du point précédent à l'extrémité *orientale* de la chaussée de l'étang rompu de Maumont; par une autre droite menée de ce dernier point à l'angle *nord* de la maison de Maumont; par une autre droite tirée du point précédent à l'angle nord du bâtiment le plus septentrional de Mataly; par une autre droite tirée de ce dernier point à l'angle *sud* du four de la tuilerie de la maison des Vignes, et par une autre ligne droite menée de ce dernier point à l'angle *nord* de la maison du sieur Delanoue à Fousseyraud.

A l'ouest, par une ligne droite tirée de ce dernier point au clocher de Milhac, point de départ.

Lesdites limites renferment une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés quarante-quatre hectares.

Cahier des charges relatif à la concession des mines de manganèse de Milhac.

(Extrait.)

Art. 2. L'exploitation se fera de deux manières : par *tranchées ouvertes*, lorsque l'épaisseur du terrain qui recouvre le gîte métallifère n'excédera pas 6 à 7 mètres ; par *puits et galeries*, quand il sera reconnu que l'exploitation par tranchées serait désavantageuse.

Art. 3. Les tranchées seront remblayées avec les terres stériles, au fur et à mesure de l'avancement du travail, et on les disposera de manière à profiter, pour l'écoulement des eaux, de la pente naturelle du terrain.

Art. 4. Les puits, galeries ou chambres d'exploitation, suivant leur durée qui sera calculée d'après la connaissance des gîtes de minerais reconnus par des ouvrages préliminaires, seront garnis, soit d'un boisage *permanent*, soit d'un boisage volant. Ce dernier sera suffisant, *quand* les travaux devront être exécutés dans l'année. Les déblais provenant des fouilles antérieures seront replacés successivement dans les ouvrages excavés, de manière à permettre l'enlèvement de la plus grande partie du minerai : et lorsque les puits auront été jugés inutiles, le concessionnaire sera tenu de les faire combler.

Art. 5. Lorsque l'épaisseur du gîte sera considérable et excédera la hauteur d'une galerie ou chambre, on formera plusieurs étages d'exploitation, en s'élevant de bas en haut, après avoir remblayé solidement les vides inférieurs.

Art. 6. Les travaux seront coordonnés entre eux, de telle sorte que deux puits voisins se servent mutuellement de puits d'aérage et que les champs d'exploitation aient toute la latitude que comportent les minerais à extraire.

Art. 7. Tant qu'il n'aura pas été reconnu que des machines plus puissantes sont nécessaires, on se servira, pour l'exploitation et l'épuisement, de treuils garnis d'un axe en fer et portés sur des montants avec jambages et semelles solidement établis.

Art. 28. Le concessionnaire ne pourra établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de ses mines qu'après avoir obtenu

une permission à cet effet dans les formes déterminées par les art. 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 9 juin 1841, portant qu'il est fait concession au sieur comte DE CHAMBRUN *et au sieur* Pierre-Félix-Charles-Édouard DE LIGONNÈS, *de mines de plomb argentifère, communes de* MENDE, *de* BARJAC *et de* SERVIÈRES (Lozère).

Mines de plomb argentifère de Bahours.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Bahours*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

Par une suite de lignes droites dirigées, à partir de l'intersection du ruisseau du Bois-Noir avec le chemin de Chauvet à Mende, sur le point le plus occidental du territoire de la commune de Mende, le centre du hameau de Vialaban, le centre du hameau de Pierrefiche, le centre du hameau de la Grange, le centre du hameau de Cayres, le pont de la Planchette, le pont de Méjantel, le centre du hameau des Chabrits, le clocher de Bahours; l'intersection du ravin de Bahours à Chauvet, et l'intersection du Bois-Noir avec le chemin de Chauvet à Mende, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de huit kilomètres carrés soixante-dix hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de plomb argentifère de Bahours.

(Extrait.)

Art. 24. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines qu'après avoir obtenu une permission à cet effet dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Mines d'anthracite de la Chaunière et des Bordeaux.

Ordonnance du 20 juin 1841, portant que les deux concessions de mines d'anthracite de la Chaunière *et des* Bordeaux, *instituées par ordonnances du 18 juillet 1834, sont réunies en une seule concession.*

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Chaunière et des Bordeaux*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, à partir de la Joussaye par une ligne droite EL aboutissant à la Hitandière, et de la Hitandière à la Vollière par une autre ligne droite LK;

A l'est, par une ligne droite KI menée de la Vollière à Grué;

Au sud, par une autre ligne droite IH dirigée de Grué sur Goland, puis par une autre ligne droite HG allant de Goland à la Havrie, et prolongée jusqu'à sa rencontre au point G avec une ligne droite dirigée *de la Chapelle-Barbin* sur le Bourg-Neuf, et par la portion de cette dernière ligne droite comprise entre le point G et le point F, intersection du prolongement d'une ligne droite menée de la Joussaye au Plessis;

A l'ouest, enfin, par la ligne droite EF allant du point F à la Joussaye, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de neuf kilomètres carrés quatre-vingt-treize hectares

---

Mines d'anthracite de Solesme.

Ordonnance du 20 juin 1841, portant qu'il est fait concession aux sieurs Jacques-Marie-Anatole Leclerc, Marquis de Juigné, François Vieille et Auguste-Sébastien Fonteinne, *de mines d'anthracite situées dans l'arrondissement de* la Flèche (Sarthe).

Art. 8. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Solesme*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud, par une ligne droite *a h*, menée du clocher de Sablé au confluent de la Veigre et de la Sarthe;

A l'est, par le cours de la Veigre jusqu'au point *a* où

cette rivière coupe la limite occidentale du territoire de la commune d'Avoise;

Au nord, par ladite limite de la commune d'Avoise jusqu'au point *y*, maison dite la Gagnonnière, et par la ligne droite *y z* menée de la Gagnonnière à la maison dite la Jambelière;

A l'ouest, par deux lignes droites, l'une *z d* menée de la Jambelière au clocher de Juigné, et l'autre *d a* allant de ce clocher au clocher de Sablé, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de neuf kilomètres carrés soixante-quatre hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de Solesme.

(Extrait.)

Art. 8. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous la Sarthe ou à une distance moindre de dix mètres de ses bords, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation du préfet donnée sur le rapport de l'ingénieur des mines, après que les propriétaires et les ingénieurs des ponts et chaussées auront été entendus et que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'arrêté du préfet qui autorisera, s'il y a lieu, les travaux, pourra ordonner aux concessionnaires de murailler solidement ou de remblayer complétement les excavations souterraines si la nature du sol ou le peu de profondeur de ces excavations donne lieu de craindre des affaissements.

L'autorisation pourra même être refusée s'il est reconnu que, malgré de semblables précautions, les travaux sont de nature à causer l'inondation de la mine.

Ordonnance du 20 *juin* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jacques-Marie-Anatole Leclerc, Marquis de Juigné, François Vieille *et* Auguste-Sébastien Fonteinne, *de mines d'anthra-* Mines d'anthracite de Poillé.

cite situées dans l'arrondissement de LA FLÈCHE (Sarthe).

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Poillé*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'ouest, par une ligne droite menée du Châtelet à Épaulfort et arrêtée à sa rencontre avec la limite de la commune de Poillé ;

Au nord, par la limite de la commune de Poillé, depuis le point ci-dessus désigné jusqu'au point où elle rencontre la limite de la commune de Fontenay ;

A l'est, par une ligne droite menée de ce dernier point au point où les limites des trois communes de Poillé, de Fontenay et d'Asnières se rencontrent ;

Au sud, par une ligne droite menée de ce dernier point au Châtelet, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue *superficielle* de huit kilomètres carrés trente-sept hectares.

Mines de cuivre, plomb et argent de Lamanère.

Ordonnance du 20 *juin* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Armand-Jean FLOTTARD comte DE MONTAGU-LOMAGNE *et* Charles-Louis-Marie comte LEPELLETIER D'AUNAY, *de mines de cuivre, plomb et argent dans les communes de* LAMANÈRE *et de* SERRALONGUE (Pyrénées-Orientales).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Lamanère*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une droite partant du Puig de Las Gabines et se dirigeant sur les ruines situées dans le voisinage et au sud-est des tours de Cabrens ;

A l'est, par une ligne tirée des ruines sur le Coll de Las Falguères ;

Au sud, à partir de ce dernier point par la ligne sinueuse qui fait la séparation des royaumes de France et d'Espagne, jusqu'au point dit Roc del Tabal ;

A l'ouest, à partir du Roc del Tabal, par la ligne si-

nueuse et brisée qui sépare les communes de Lamanère, et de Prats-de-Mollo, jusqu'au Puig de Las Gabines, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quinze kilomètres carrés quatre-vingt-cinq hectares.

Cahier des charges relatif à la concession des mines de plomb cuivre et argent de LAMANÈRE.

Art. 24. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 20 *juin* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Pierre-Auguste DAUDÉ, Pierre LARGUIER *et* Jules-Alexandre-Joseph ESCALIER DE LADEVÈZE, *de mines de plomb et argent, dans les communes de* SAINT-GERMAIN-DE-CALBERTE, SAINT-PRIVAT-DE-VALLONGUE, SAINT-ANDRÉ-DE-LANCIZE *et* CASSAGNAS (Lozère).

Mines de plomb et argent de Bluech et Pradal.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Bluech et Pradal*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud, par une suite de lignes droites passant par la jonction des trois chemins près le Mas de Girard, le Maginous, les Mourennes, le point commun aux trois communes de Saint-André, Saint-Germain et Cassagnas, la naissance du ravin de Flandres;

A l'ouest, par une suite de lignes droites passant par la maison des Felges, le point d'intersection de la rivière de Mimente, par les limites de la commune de Cassagnas;

Au nord, de ce dernier point, par une suite de lignes droites à la plus haute maison de la Roche, de là au pont du Rouvebas; de ce point remontant la rivière de Mimente

jusqu'aux limites de la commune de Saint-André de Lancize, de là par une ligne droite à l'intersection du ruisseau du Pesquier, par le chemin du Rouve;

A l'est, par une suite de lignes droites passant par ce dernier point, la jonction des trois chemins près du Mas de Girard, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix kilomètres carrés treize hectares.

Art. 11. Dans le cas prévu par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, où l'exploitation ne serait pas mise en valeur deux ans après la notification de l'acte de concession, ou viendrait, après la mise en activité, à être restreinte ou suspendue sans cause reconnue légitime, le préfet assignera aux concessionnaires un délai de rigueur qui ne pourra excéder six mois. Faute par les concessionnaires de justifier, dans ce délai, de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer, il en sera rendu compte, conformément audit article 49, *à notre ministre* des travaux publics, qui prononcera, *s'il y a lieu*, le retrait de la concession, en exécution de l'article 10 de la loi du 27 avril 1838, et suivant les formes prescrites dans l'article 6 de la même loi.

Art. 12. La présente concession ne préjudicie en rien aux droits acquis aux concessionnaires des mines d'antimoine du Rouve et de Solpéran par l'ordonnance du 25 décembre 1840, dans l'étendue aujourd'hui concédée pour le plomb argentifère, de pratiquer toutes les ouvertures qui seront reconnues utiles à l'exploitation de l'antimoine, soit près de la surface, soit dans la profondeur, sauf l'application réciproque, s'il y a lieu, des dispositions de l'article 45 de la loi du 21 avril 1810.

Cahier des charges de la concession des mines de plomb et argent de Bluech et Pradal.

(Extrait.)

Art. 26. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission, à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

PERSONNEL.

Ordonnance du 5 août 1840, concernant les pensions de retraite des ingénieurs des ponts et chaussées et des mines (1).

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présents et à venir, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

Vu l'article 35 du décret du 7 fructidor an XII, et l'article 82 du décret du 18 novembre 1810,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. A l'avenir le temps de service des ingénieurs des ponts et chaussées et des mines datera de leur entrée à l'école des mines, ou de l'âge de 20 ans, dans le cas où l'élève serait au-dessous de cet âge lors de sa nomination.

Art. 2. Le traitement alloué aux élèves des ponts et chaussées et des mines sera assujetti aux retenues prescrites par notre ordonnance du 25 février 1833.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Signé Comte JAUBERT.

Ordonnance du 5 août 1840, qui fixe le maximum des pensions de retraite des inspecteurs généraux

(1) Cette ordonnance et celle qui suit ont été omises dans le tome XVIII des *Annales*.

de seconde classe des mines et des inspecteurs divisionnaires des ponts et chaussées.

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présents et à venir, salut.

Vu les décrets du 7 fructidor an XII, et du 18 novembre 1810;

Vu nos ordonnances du 8 juin 1832, et du 22 décembre 1836;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Le maximum des pensions de retraite auxquelles pourront avoir droit les inspecteurs généraux de deuxième classe des mines et les inspecteurs divisionnaires des ponts et chaussées est fixé à 4,500 fr.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Signé Comte JAUBERT.

Par ordonnance du 23 *mai* 1841, — MM. Senis, Callon et Le Chatellier, aspirants-ingénieurs au corps royal des mines, sont nommés ingénieurs ordinaires de deuxième classe.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, du 28 *février* 1841, — il est décidé qu'un garde-mines de troisième classe sera placé à la résidence de Fécamp (*Seine-Inférieure*).

Par arrêté du ministre, *du* 10 *mai* 1841, — il est créé dans l'arrondissement minéralogique de Périgueux, un nouveau sous-arrondissement composé des départements de Lot-et-Garonne, de la Dordogne et de la Corrèze; — M. Boudousquié, ingénieur des mines, est appelé au service de ce nouveau sous-arrondissement, à la résidence de Périgueux; — M. François, ingénieur des mines, actuelle-

ment chargé du département de l'Ariége, est désigné pour remplacer M. Boudousquié dans le service du sous-arrondissement de Carcassonne; — le service du département de l'Ariége, que quitte M. François, est confié à M. Durocher, élève-ingénieur hors de concours; ce service comprendra celui des mines de Vicdessos.

Par arrêté du ministre, du 10 *mai* 1841, — M. Juncker, ingénieur en chef de deuxième classe au corps royal des mines, est élevé à la première classe de son grade.

Par arrêté du ministre, du 10 *mai* 1841, — MM. Boudousquié, de Senarmont, Gruner et Senez, ingénieurs ordinaires des mines de deuxième classe, sont élevés à la première classe de leur grade.

Par arrêté du ministre, du 10 *mai* 1841, — MM. Durocher, Guillebot et Boyé, élèves-ingénieurs des mines, sont nommés aspirants au même corps.

Par arrêté du ministre, du 22 *mai* 1841, — M. Chéron, inspecteur général adjoint des mines, est chargé de la division minéralogique du nord-ouest, comprenant les départements du Calvados, de l'Orne, de la Manche, de la Mayenne, de la Sarthe, des Côtes-du-Nord, du Finistère, du Morbihan, d'Ille-et-Vilaine et de la Loire-Inférieure.

Par arrêté du ministre, du 22 *mai* 1831, — M. Delaunay, élève-ingénieur des mines, répétiteur à l'école Polytechnique, est nommé aspirant-ingénieur.

Par arrêté du ministre, du 14 *juin* 1841, — M. Sentis, ingénieur des mines, est appelé au service du sous-arrondissement de Beauvais; la décision qui le chargeait du sous-arrondissement du Mans, est rapportée; — M. Piérard, élève-ingénieur hors de concours, est désigné pour remplacer M. Sentis dans le service du sous-arrondissement du Mans.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, du 23 *janvier* 1841, — la résidence de M. Blavier, ingénieur en chef des mines, est transférée de Valenciennes à Douai.

Par décision du sous-secrétaire d'état, du 28 *janvier* 1841, — MM. Audibert, Delesse, Jacquot, Descottes,

d'Oury, Ville et Gentil, sont nommés élèves de première classe à l'école royale des mines.

Par décision du sous-secrétaire d'état, du 21 avril 1841, — M. Martha-Becker, ingénieur des mines, chargé de la confection de la carte géologique du département du Puy-de-Dôme, est placé dans la réserve.

ÉTAT GÉNÉRAL

DU

PERSONNEL DES MINES,

Au 1er juillet 1841.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

M. TESTE ✻, ministre secrétaire d'état, rue des Saints-Pères, no 24.
M. LEGRAND (C ✻), sous-secrétaire d'état, membre de la chambre des députés, rue des Saints-Pères, no 24.

CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES.

Le conseil est présidé par le ministre, et en son absence, par le sous-secrétaire d'état. MM. les inspecteurs généraux, présents au conseil, y prennent rang entre eux dans l'ordre d'ancienneté de nomination.

Inspecteurs généraux de première classe.

MM.
Cordier (C ✻), pair de France, conseiller d'état, chargé de présider le conseil en l'absence du ministre et du sous-secrétaire d'état, rue de Seine-Saint-Victor, no 25, au Jardin du Roi.
De Bonnard (O ✻), quai Malaquais, no 19.
Migneron (O ✻), rue de Grenelle-Saint-Germain, no 117.

Inspecteurs généraux de deuxième classe.

MM.
Héricart de Thury (O ✻), conseiller d'état, rue de l'Université, no 29.
Berthier (O ✻), rue de Crébillon, no 2.
Garnier (O ✻), rue des Saints-Pères, no 75.

Inspecteurs généraux adjoints.

MM.
Guenyveau ✻, rue Louis-le-Grand, no 26.
Chéron ✻, rue de la Ferme-des-Mathurins, no 11.

Ingénieur en chef, secrétaire du conseil.

Thirria ✻, rue de Grenelle-Saint-Germain, n. 126.

COMMISSION DES MACHINES A VAPEUR.

MM.

Cordier, C ✠, inspecteur général des mines, président.
De Bonnard, O ✠, inspecteur général des mines.
Kermaingant, O ✠, inspecteur général des ponts et chaussées.
Garnier, O ✠, inspecteur général des mines.
Coriolis ✠, ingénieur en chef des ponts et chaussées.
Lamé ✠, ingénieur en chef des mines.
Combes ✠, ingénieur en chef des mines.
Mary ✠, ingénieur en chef des ponts et chaussées.
Bineau ✠, ingénieur en chef des mines.
[illegible] ✠, ingénieur en chef dir. des mines, secrétaire, rue Méchain, n° 2.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

MM.

Cordier, C ✠, inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences.
De Bonnard, O ✠, inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences.
Migneron, O ✠, inspecteur général des mines.
Héricart de Thury, O ✠, inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences.
Berthier, O ✠, inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences, professeur de chimie.
Garnier, O ✠, inspecteur général des mines.
Guenyveau ✠, inspecteur général adjoint des mines.
Cheron ✠, inspecteur général adjoint des mines.
Dufrénoy ✠, ingénieur en chef des mines, professeur de minéralogie, inspecteur des études à l'École des mines.
Élie de Beaumont ✠, ingénieur en chef des mines, professeur de géologie.
Combes ✠, ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation des mines.
Thirria ✠, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général des mines.
Le Play ✠, ingénieur en chef des mines, prof. de métallurgie.
De Cheppe ✠, chef de la division des mines.
De Boureuille ✠, ingénieur des mines, secrétaire de la commission.
Ebelmen, ingénieur des mines, secrétaire adjoint, spécialement chargé de la traduction des mémoires étrangers.

COMMISSION DE STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

MM.

Migneron, O ✠, inspecteur général des mines.
Garnier, O ✠, inspecteur général adjoint des mines.
Thirria ✠, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général des mines.
De Cheppe ✠, chef de la division des mines.
Chevalier Michel ✠, ingénieur en chef des mines.
Le Play ✠, ing. en chef des mines, secrétaire de la commission.

SERVICE ORDINAIRE.

CHEFS-LIEUX des arrondissements, et résidences des ingénieurs en chef.	INGÉNIEURS EN CHEF.	DÉPARTEMENTS composant les arrondissements et les sous-arrondissements.	CHEFS-LIEUX des sous-arrondissements et résidences des ingénieurs ordinaires.	INGÉNIEURS ORDINAIRES.
DIVISION DU NORD-OUEST. — (M. Chéron, *inspecteur général adjoint.*)				
	MM.			MM.
Caen.	Hérault.	Calvados. Manche.	Caen.	Service fait par l'ing. en chef.
		Orne. Mayenne. Sarthe.	Le Mans.	Piérard.
Nantes.	Lorieux.	Côtes-du-Nord. Finistère. Morbihan. Ille-et-Vilaine. Loire-Inférieure.	Nantes.	Piot.
DIVISION DU NORD. — (M. Héricart de Thury, *inspecteur général.*)				
Caen.	Hérault, d. n.	Seine-Inférieure. Eure. Eure-et-Loir.	Rouen.	De Saint-Léger.
Paris.	Trémery, directeur. Poirier Saint-Brice.	Seine.	Paris.	Service fait par M. Poirier St.-Brice.
		Seine-et-Oise. Loiret.	Versailles.	Couche.
		Seine-et-Marne.	Paris.	Le Cocq.
Douai.	Blavier.	Nord, moins les arr. de Valenciennes et de Douai.	Lille.	Comte.
		Nord. — Territoires houillers des arr. de Douai et de Valenciennes.	Douai.	Service fait par l'ing. en chef.
		Pas-de-Calais.	Arras.	Dusouich.
Amiens.	Lefebvre.	Somme.	Amiens.	Service fait par l'ing. en chef.
		Aisne. Oise.	Beauvais.	Sentis.
DIVISION DU NORD-EST. — (M. Garnier, *inspecteur général.*)				
Troyes.	Gabé.	Ardennes. Meuse.	Mézières.	Sauvage.
		Marne. Aube. Yonne.	Troyes.	Service fait par l'ing. en chef.
Dieuze.	Levallois.	Meurthe. Moselle.	Metz.	Reverchon.
Strasbourg.	De Billy.	Bas-Rhin.	Strasbourg.	Service fait par l'ing. en chef.
		Vosges. Haut-Rhin.	Strasbourg.	Daubrée.
DIVISION DE L'OUEST. — (M. Berthier, *inspecteur général.*)				
Guéret.	Furgaud.	Vienne. Creuse. Haute-Vienne. Charente. Charente-Inférieure.	Guéret.	Service fait par l'ing. en chef.
		Indre-et-Loire. Loir-et-Cher. Indre.	Tours.	Sagey.
Nantes.	Lorieux, d.n.	Vendée. Deux-Sèvres. Maine-et-Loire.	Angers.	Le Châtellier.

[illegible]	INGÉNIEURS EN CHEF.	DÉPARTEMENTS composant les arrondissements et les sous-arrondissements.	CHEFS-LIEUX des sous-arrondissements et résidences des ingénieurs ordinaires.	INGÉNIEURS ORDINAIRES.
DIVISION DU CENTRE. — (M. Migneron, inspecteur général.)				
	MM.			MM.
St-Étienne.	[illegible]	Loire (moins Rive-de-Gier).	Saint-Étienne.	[illegible]
		Loire. — Territoire houiller de Rive-de-Gier y compris la concession de Saint-Chamond. Rhône.	Rive-de-Gier.	[illegible]
Clermont.	[illegible]	Cantal. Puy-de-Dôme. Haute-Loire.	Clermont.	[illegible]
		Cher. Nièvre. Allier.	Moulins.	[illegible]
DIVISION DE L'EST. — (M. Guenyveau, inspecteur général adjoint.)				
Vesoul.	»	Haute-Saône.	Vesoul.	[illegible]
		Haute-Marne.	Chaumont.	[illegible]
		Côte-d'Or.	Dijon.	[illegible]
Mâcon.	[illegible]	Saône-et-Loire.	Mâcon.	Service fait par l'ing. en chef.
		Ain. Doubs. Jura.	Besançon.	[illegible]
DIVISION DU SUD-OUEST. — (M. Cordier, inspecteur général.)				
Périgueux.	[illegible]	Lot-et-Garonne. Dordogne. Corrèze.	Périgueux.	[illegible]
		Lot. Aveyron.	Villefranche.	[illegible]
Toulouse.	D'Aubuisson, direct.	Tarn-et-Garonne. Tarn. Haute-Garonne.	Toulouse.	de Boucheporn.
		Ariège.	Vicdessos.	Duroucher.
Bordeaux.	Vene, f. f. d'ing. en ch.	Gironde. Landes. Basses-Pyrénées. Gers. Hautes-Pyrénées.	Bordeaux.	Service fait par M. Vene.
DIVISION DU SUD-EST. — (M. de Bonnard, inspecteur général.)				
Grenoble.	Gueymard.	Isère. Hautes-Alpes. Drôme.	Grenoble.	Gras.
		Vaucluse. Basses-Alpes. Bouches-du-Rhône. Var.	Marseille.	Diday.
Alais.	Thibaud.	Ardèche. Lozère. Gard.	Alais.	Varin.
		Hérault. Corse.	Montpellier.	Garella.
		Aude. Pyrénées-Orientales.	Carcassonne.	François.

SERVICE EXTRAORDINAIRE.

ésidences.	Noms.	Grades.

ldministration centrale ; section des chemins de fer, et personnel des mines.

MM.

'aris.	De Boureuille ✻,	ing. ord., 1 cl., d. n.

ervice central de la partie métallurgique et de l'exploitation des chemins de fer.

'aris.	Bineau ✻,	ing. en chef, 2 cl.

Carrières de Paris et du département de la Seine.

'aris.	Trémery ✻,	ing. en chef, dir. (insp. gén.).
'aris.	Poirier St.-Brice ✻,	ing. en chef, 2 cl. (insp. part.).
'aris.	De Fourcy,	ing. ord., 2 cl. (insp. part.).

Surveillance des machines à vapeur dans le département de la Seine.

Paris.	Trémery ✻,	ing. en chef directeur.
Paris.	De Sénarmont,	ing. ord. 1 cl.

Manufacture royale des porcelaines de Sèvres.

ièvres.	Brongniart (O ✻),	ing. en ch., 1 cl. (administrateur).

École Polytechnique.

Paris.	Lamé ✻,	ing. en chef, 2 cl. (professeur).
Paris.	Regnault,	ing. ord., 2 cl. (professeur).
Paris.	Transon,	ing. ord., 2 cl. (répétiteur).
Paris.	Ébelmen,	ing. ord., 2 cl. (répétiteur).
Paris.	Delaunay,	asp. ing. (répétiteur).

Salines et mines de sel de l'Est.

)ieuze.	Levallois ✻,	ing. en chef, 1 cl. (directeur).

Aveyron.

Topographie du bassin houiller d'Aubin.

'illefranche.	Senes,	ing. ord., 2 cl.

Établissement de Decazeville.

)ecazeville.	Declerck,	ing. ord., 2 cl.

Saône-et-Loire.

Étude des terrains composant le bassin houiller d'Autun.

lâcon.	Manès,	ing. en chef, 2 cl.

Creuse.

Étude des terrains houillers des environs d'Ahun (bassin de la Creuse), et des environs de Bourganeuf (bassin du Thorion).

uéret.	Furgaud ✻,	ing. en chef, 1 cl.

Mines de Poullaouen et de Huelgoat (Finistère).

'oullaouen.	Juncker ✻,	ing. en chef, 1 cl. (directeur).

Ingénieurs chargés des cartes géologiques.

Carte géologique générale de la France.

M. Dufrénoy, ingénieur en chef, d. n., chargé de la partie occidentale.

M. Élie de Beaumont, ingénieur en chef, d. n., chargé de la partie orientale.

Cartes géologiques départementales.

Départements.	Ingénieurs.	Départements.	Ingénieurs.
	MM.		MM.
Allier.	Boulanger.	Lot.	Senez.
Ardèche.	Varin.	Maine-et-Loire.	Lechâtelier.
Ardennes.	Sauvage.	Marne (Haute-).	Duhamel.
Ariège.	François.	Meurthe.	Levallois.
Aude.	Vène.	Morbihan.	Lefébure de Fourcy
Aveyron.	Senez.	Moselle.	Reverchon.
Cantal.	Baudin.	Orne.	Blavier.
Charente.	Marrot.	Pas-de-Calais.	Du Souich.
Creuse.	De Boucheporn.	Puy-de-Dôme.	Baudin.
Côte-d'Or.	Payen.	Pyrénées (Hautes-).	Vène.
Côtes-du-Nord.	Lefébure de Fourcy.	Rhin (Bas-).	Voltz.
Dordogne.	Marrot.	Seine-et-Marne.	De Sénarmont.
Doubs.	Parrot.	Seine-et-Oise.	De Sénarmont.
Garonne (Haute-).	François.	Seine-Inférieure.	De Saint-Léger.
Gironde.	Pigeon.	Sèvres (Deux-).	Lechâtelier.
Ille-et-Vilaine.	Lefébure de Fourcy.	Tarn.	De Boucheporn.
Indre.	Sagey.	Var.	De Villeneuve.
Loire.	Gruner.	Vosges.	De Billy.
Loire-Inférieure.	Lorieux.		
Loiret.	Allou.		

Ingénieurs en service hors de France.

M. Dissandes-Monlevade, aspirant. (Brésil.)

INGÉNIEURS EN RÉSERVE OU EN CONGÉ.

MM.	
Allou,	ing. en chef, 1 cl.
Puvis.	ing. en ch., 2 cl.
Moisson Desroches.	ing. en ch., 2 cl.
Leboullenger.	ing. ord., 1 cl.
Parrot.	ing. ord., 1 cl.
Fournel.	ing. ord., 1 cl.
Gervoy.	ing. ord., 1 cl.
De Villeneuve.	ing. ord., 1 cl.
Delaplanche.	ing. ord., 2 cl.
Lambert (C.-J.).	ing. ord., 2 cl.
Martha Becker,	ing. ord., 2 cl.
Reynaud.	ing. ord., 2 cl.
De Lamotte.	ing. ord., 2 cl.
Burke.	ing. ord., 2 cl.
De Hennezel.	ing. ord., 2 cl.
Chatelus.	ing. ord., 2 cl.
Lambert (C.-J.-E.).	élève.

ÉCOLE DES MINES,

Rue d'Enfer, n° 34, hôtel Vendôme.

MM. *Professeurs.*

Dufrénoy ✻, ing. en chef, 2 cl., d. n. (Minéralogie).
Élie de Beaumont ✻, ing. en chef, 2 cl., d. n. (Géologie).
Berthier (O ✻), insp. gén., d. n. (Docimasie), chef du laboratoire.
Combes ✻, ing. en chef, 2 cl., d. n. (Exploitation).
Leplay ✻, ing. en chef, 2 cl., d. n. (Minéralurgie).
Girard ✻, profess. de dessin et de géométrie descript. appliquée.
Dufrénoy ✻, d. n., insp. des études et secr. du conseil de l'école.
Ébelmen, ing. ord., 2 cl., d. n., adjoint au profess. de Docimasie.

Collections.

Dufrénoy ✻, d. n., conservateur.
Le Cocq, ingénieur ordinaire 2 cl., adjoint à l'ingénieur en chef, insp. des études, pour la garde et la conservation des collections.
Adelmann, gardien des collections.
Micheleau, gardien de la bibliothèque.
Vacher, *idem*.
Léger, surnuméraire.
Favrot, aide du laboratoire.
Blanc, médecin.
Lacroix, médecin-chirurgien.

Élèves ingénieurs hors de concours.

MM.
De Marignac.
Cacarrié.
MM.
Piot.
Piérard.

Élèves présents à l'école des mines.

MM. 1re classe.
Audibert.
Jacquot.
Delesse.
Lefrançois.
Descottes.
Cachon.
Dupont.
Meugy.
Fusiet.
Meissonnier.
MM.
Gentil.
D'Osery.
Ville.

2e classe

Reuss.
Bayle.
Debette.
Bertera.
Renouf.
De Chancourtois.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE (*Loire*).

MM.
Roussel-Galle ✻, ing. en chef, 1 cl. (directeur).

Professeurs.

Fénéon, ing. en chef, 2 cl. (Minéralogie et Géologie).
Callon, ing. ord., 2 cl. (Prép. mécan., et mach., exploit., et const.)
Gruner, ing. ord., 1 cl. (Chimie et Métallurgie).
Janicot, répétiteur de chimie, préparateur (Arith. et comptab.).
Duhaut, répétiteur, 1er surveillant des études (Géométrie, levé de plans et dessin).
Ponteau, répétiteur, 2e surveillant.

TABLEAU PAR ANCIENNETÉ DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE, DES INGÉNIEURS EN ACTIVITÉ.

Inspecteurs généraux de 1re classe.

MM.

29 avril 1832.

Cordier.

20 mai 1840.

De Bonnard.

14 septembre 1835.

Migneron.

Inspecteurs généraux de 2e classe.

16 mai 1834.

Héricart-Ferrand de Thury.

22 décembre 1836.

Berthier

5 août 1840.

Garnier.

Inspecteurs généraux adjoints.

20 mai 1840.

Guenyveau.

6 décembre 1840.

Chéron.

Ingénieurs en chef de 1re classe.

2 août 1828.

D'Aubuisson de Voisins. | Brongniart.

1er mai 1832.

Trémery. | Hérault.

1er novembre 1833.

Furgaud.

26 décembre 1836.

Gueymard. | Roussel-Galle.
Allou. | Delsériès.

26 janvier 1839.

Dufrénoy. | Burdin.
Elie de Beaumont.

5 mai 1840.

Levallois.

10 mai 1841.

Juncker.

Ingénieurs en chef de 2e classe.

30 janvier 1828.

Puvis.

27 avril 1832.

Moisson-Desroches.

22 décembre 1836.

Gabé.
Poirier Saint-Brice.
Lefebvre.
Thibaud.
Lamé.
Thirria.
Combes.

21 septembre 1837.

Clapeyron.

15 janvier 1839.

Manès.
Marrot.

15 juillet 1839.

Lorieux.

7 mai 1840.

Blavier.
Fénéon.
De Billy.

29 juillet 1840.

Bineau.
Le Play.

9 décembre 1840.

Michel Chevalier.

Ingénieurs ordinaires de 1re classe.

5 juin 1824.

Leboullenger.

27 avril 1832.

Parrot.

26 décembre 1836.

Fournel.
Guillot-Duhamel.
De Saint-Léger.
Payen.
De Villeneuve.
Varin
Vène.

12 mars 1838.

Drouot.

12 mai 1838.

Sagey.
Gras.
Gervoy.
Reverchon.
Garella.
De Boureuille.

10 janvier 1840.

Baudin.

10 mai 1841.

Boudousquié.
De Sénarmont.
Gruner.
Senez.

Ingénieurs ordinaires de 2e classe.

2 juillet 1828.

Delaplanche.

6 mai 1829.

Lambert (Charles-Joseph).

4 juillet 1830.

Reynaud.
Transon.

1er novembre 1833.

De Hennezel.
Vergnette de Lamotte.

14 septembre 1835.

Harlé.

29 juin 1836.

Boulanger.	Le Cocq.
Marthe.	François.

9 janvier 1837.

Lefébure de Fourcy.	Diday.
Dusouich.	

5 septembre 1837.

Meyrus.

9 octobre 1837.

Regnault.

5 mars 1838.

Châtelus.

30 janvier 1839.

Ebelmen.	Sauvage.
Declerck.	

7 mai 1840.

Bertrand de Boucheporn.	Pigeon.
Daubrée.	

23 mai 1841.

Sentis.	Lechâtellier.
Callon.	

Aspirants-Ingénieurs.

1er avril 1817.

Dissande-Monlevade.

5 mai 1840.

Comte.	Couche.

10 mai 1841.

Durocher.	Boyé.
Guillebot de Nerville.	

22 mai 1841.

Delaunay.

Retraites du 1er juillet 1840 au 1er juillet 1841.

Noms.	Grades.	Dates des ordonnances.
M. Lefroy,	insp. gén., 2 cl.	19 janvier 1841.

Décès.

M. Caste, ing. ord., 1 cl.

Liste générale et alphabétique des ingénieurs des mines.

A

I.
ou ✱, ing. en chef, réserve.
buisson (d') (O ✱), ing. en ch.
ir., arr. de Toulouse.
dibert, élève.

B

adin, O., arr. de Clermont.
yle, élève.
aumont (Élie de) ✱, ing. en
chef. École des mines.
rtera, élève.
rthier (O ✱), insp. gén. (inspec-
ion de l'ouest et École des mines.)
rtrand de Boucheporn, O., arr.
le Toulouse.
lly (de) ✱, ing. en chef, arr. de
Strasbourg.
ieau ✱, ing. en chef, S. ex.
ivier (Éd.), ing. en chef, arr. de
Douai.
nnard (de) (O ✱), inspect. gén.
inspection du sud-est).
adousquié ✱, O., arr. de Péri-
gueux.
alanger, O., arr. de Clermont.
ureuille (de), ✱, O., administra-
ion centrale et commission des
Annales des mines.
yé, aspirant, arr. de Besançon.
ongniart (O ✱), ing. en ch.
Manuf. de Sèvres. S. ex.
rdin ✱, ing. en chef, arr. de
Clermont.

C

arrié, élève.
chon, élève.
lon, O., Ecole des mineurs de
St-Étienne.
ancourtois (de), élève.
âtelus, O., réserve.
éron ✱, insp. gén. adj. (inspec-
ion du nord-ouest.)
evalier (Michel) ✱, ing. en chef,
ommission de statistique de
l'industrie minérale.
peyron, ✱, ing. en chef, congé.
mbes ✱, ing. en chef, École des
mines.
nte, asp., arr. de Douai.
rdier (C ✱), insp. gén. (inspec-
ion du sud-ouest).
ache, aspirant, arr. de Paris.

D

MM.
Daubrée, O., ar. de Strasbourg.
Declerck, O., Aveyron, service
particulier.
Delamotte, O., en réserve.
Delaplanche, O., en réserve.
Delaunay, asp., École polytechn.
Delesse, élève.
Delsériès ✱, ing. en chef, arr. de
St.-Etienne.
Descottes, élève.
Diday, O., arr. de Grenoble.
Dissande-Monlevade, asp. (Brésil)
Drouot, O., arr. de Vesoul.
Dufrénoy, ✱, ing. en chef, École
des mines.
Duhamel, O., arr. de Vesoul.
Dupont, élève.
Durocher, aspir., arr. de Toulouse.
Dusouich, O., arr. de Douai.

E

Ebelmen, O., École des mines.
Elie de Beaumont (Voir Beaumont).

F

Fénéon, ing. en chef, École des
mineurs de Saint-Etienne.
Fourcy (Lefébure de), O., arr. de
Paris.
Fournel ✱, O., congé.
François, O., arr. d'Alais.
Furgaud ✱, ing. en ch., arr. de
Guéret.
Furiet, élève.

G

Gabé, ing. en chef, arr. de Troyes.
Garella (Félix) ✱, O., arr. d'Alais.
Garnier (O ✱), insp. gén. adjoint
(inspection du nord-est).
Gervoy ✱, O., réserve.
Gentil, élève.
Gras, ✱, O., arr. de Grenoble.
Gruner, O., École des mineurs de
Saint-Étienne.
Guenyveau ✱, insp. gén. adjoint
(inspection de l'est).
Gueymard (O ✱), ing. en chef,
arr. de Grenoble.
Guillebot, asp., arr. de Vesoul.

H

Harlé, O., réserve.
Hennezel (de), O., réserve.
Hérault ✱, ing. en ch., arr. de Caen.
Héricart de Thury (O ✱), insp.
gén. (inspection du nord).

MM.

J

Jacquot, élève.
Juncker ✻, ing. en ch., serv. part. Mines de Poullaouen (Finistère).

L

Lambert (Ch.-Jos.-Emile), élève.
Lambert (Ch.-Jos.), O. Réserve.
Lamé ✻, ing. en chef, Ecole polytechnique.
Leboullenger, O. Réserve.
Lechâtellier, asp., arr. de Nantes.
Le Cocq, O., arr. de Paris et Ecole des mines.
Lefebvre ✻, ing. en ch., arr. d'Amiens.
Lefrançois, élève.
Leplay ✻, ing. en chef, École des mines, et commission de statist. de l'indust. minérale.
Levallois ✻, ing. en chef, arr. de Dieuze et S. ex.
Lorieux ✻, ing. ch., arr. de Nantes.

M

Manès, ing. en ch., arr. de Mâcon.
Marignac (Gallissard de), élève hors de concours.
Marrot ✻, ing. en ch., arr. de Périgueux.
Martha Becker, O., en réserve.
Meissonnier, élève.
Meugy, élève.
Migneron (O ✻), insp. gén. (inspection du centre).
Mœvus, O., arr. de Saint-Etienne.
Moisson-Desroches, ing. en ch. Rés.

O

Osery (d'), élève.

P

Parrot, O., arr. de Mâcon.

MM.

Payen ✻, O.....
Piérard, élève, hors de concours arr. de Caen.
Pigeon, O., arr. de St-Étienne.
Piot, élève, hors de concours, arr. de Nantes.
Poirier Saint-Brice ✻, ing. en ch. Carrières de Paris et arr. de Paris.
Puvis, ing. en ch., réserve.

R

Regnault, O., Ecole polytechnique.
Renouf, élève.
Reverchon, O., arr. de Dieuze.
Reynaud, O. Congé.
Roussel Galle ✻, ing. en ch., Ecole des mineurs de Saint-Étienne.

S

Sagey, O., arr. de Guéret.
Saint-Léger (de), O., arr. de Caen.
Sauvage, O., arr. de Troyes.
Sénarmont (Hureau de), O., arr. de Paris, service spécial des machines à vapeur.
Senez, O., arr. de Périgueux et S. ex. (Aveyron).
Santis, O., arr. d'Amiens.

T

Thibaud ✻, ing. en ch., arr. d'Alais.
Thirria ✻, ing. en chef, sec. du conseil gén. des mines.
Transon, O. École Polytechnique.
Trémery ✻, ing. en ch. dir., carrières de Paris et arr. de Paris.

V

Varin, O., arr. d'Alais.
Vène, O., arr. de Toulouse.
Ville, élève.
Villeneuve (de) ✻, O.. réserve.

Ingénieurs en retraite.

Baillet ✻, insp. gén. hon.
Champeaux (de) ✻, ing. en ch.
Cressac (baron de) ✻, ing. en ch.
Duhamel ✻, insp. gén.
Lefroy (O ✻), insp. gén.
Rozière (de) ✻, insp. div. hon.
Villefosse (baron Héron de) (O ✻), insp. gén.

Veuves d'ingénieurs.

Noms des veuves.	Noms et grades de leurs maris.		Résidences.	Départements
Desavanelle de Grandmaison.	Brochant de Villiers.	insp. gén.	Paris.	Seine.
Pléjot.	Clère.	ing. en ch.	Douai.	Nord.
Briand.	Cocquerel.	ing. en ch.	Amiens.	Somme.
Vintras.	Collet-Descotils.	ing. en ch.	Paris.	Seine.
Larges.	De Gallois.	ing. en ch.	Saint-Etienne.	Loire.
Leroux.	Hassenfratz.	insp. div.	Paris.	Seine.
Muguet.	Laverrière.	ing. en ch.	Paris.	Seine.
Ory.	Lelièvre.	insp. gén.	Paris.	Seine.
Grévin.	Muthuon.	ing. en ch.	Lyon.	Rhône.

COMMISSIONS DE SURVEILLANCE

Instituées pour la navigation des bateaux à vapeur (*).

MM.	*Bouches-du-Rhône.*	
De Villeneuve. . .	Ing. des mines.	Marseille.
Diday.	*Idem.*	
De Montricher. . .	Ing. des ponts-et-chauss.	
Moissard.	Ing. de la marine.	
Durbec	Capitaine de port.	
Bazin.	Armateur de bateaux à vapeur.	
Fasquiné.	Construct. de machines à vapeur.	
Catelin.	Officier en ret. de la mar. royale.	
Barré.	Propriétaire de moulins à vapeur.	
Gallice.	Commandant du génie.	
Benet fils.	Armateur.	
Pierrugues.	Capitaine d'artillerie.	
Réguis.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Souchère fils. . . .	Professeur de chimie.	
Demange.	Constructeur de machines.	
Toussaint.	Ingénieur des ponts-et-chauss.	
	Calvados (Voir *Seine-Inférieure*).	
	Charente-Inférieure.	
Hubert.	Direct. des constructions navales.	Rochefort.
Walter.	Lieutenant de vaisseau.	
Clarck.	Ing. des construct. navales.	
Lemoyne.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Dor.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	La Rochelle.
Garnier.	Ing. ord. des ponts-et-chaussées.	
Marchegay.	*Idem.*	
Lepage aîné. . . .	Constructeur de navires.	
	Corse.	
Fourier	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Ajaccio.
Beguin	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Berthelin	*Idem.*	

(*) Ces commissions sont établies en vertu de l'ordonnance royale du 2 avril 1823, relative aux bateaux à vapeur. Elles sont chargées, sous la direction des préfets, de s'assurer si ces bateaux sont construits avec solidité, particulièrement en ce qui concerne l'appareil moteur ; si cet appareil est soigneusement entretenu dans toutes ses parties ; et s'il ne présente pas de probabilités d'effraction ou des détériorations dangereuses, etc.

Ain.

Vagin.	Ing. des ponts-et-ch.	Bourg.
De Brie.	Capitaine au corps royal du génie.	
Sirand.	Architecte de la ville de Bourg.	

Côtes-du-Nord.

Boucher.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Dinan.
Gaultier	Négociant.	
Jouvelin	Négociant.	

Dordogne.

. . . .	Ing. des ponts-et-chaussées.	Bergerac.
Bonnet	Médecin.	
Sylvestre.	Conducteur des ponts-et-chaus.	
Faugere fils. . . .	Avocat.	
Carré.	Pharmacien.	
Commailhou . . .	Horloger.	
Caunet fils. . . .	Maître serrurier.	

Finistère.

Trotté de la Roche.	Ing. en chef des ponts-et-chaus.	Morlaix.
Lienard.	Ing. des constructions navales.	
Penot	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Marpot.	Capitaine en premier du génie.	
Dubois.	Capitaine en second du génie.	
Le Moyne.	Ing. en chef des ponts-et-chaus.	Brest.
Simon.	Ancien ingénieur en retraite.	
Bonin.	Memb. du com. sup. d'instr. p.	
Leveque.	Ing. des constructions navales.	
Margot.	Capitaine du génie.	

Gard.

Vinard.	Ing. en chef des ponts-et-chaus.	Nîmes.
Varin.	Ing. des mines.	
Plagniol.	Inspect. de l'Académie de Nîmes.	
Talabot.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Didion.	*Idem.*	
Vaunu.	Anc. élève de l'Ecole Polytechniq.	
Perrier.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Granier.	Capitaine de génie en chef.	
Gamons-Vincens. .	Anc. capitaine de génie.	
Denis Benoist. . .	Exploit. des fond. et forges d'Alais.	
Boumont.	Ingénieur civil.	
Bouchet aîné. . .	Mécanicien.	
Teyrand.	Membre du cons. gén. du départ.	Beaucaire.
De Chastellier. . .	*Idem.*	
Thibaud.	Ing. en chef des mines.	
Chenot.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Hebert.	Anc. élève de l'Ecole Polytechniq.	
Laurent.	Architecte.	
Eug. de Labaume.	Lieut. col. au corps roy. d'ét.-maj.	
Sabour	Maire, à Pont-St-Esprit.	
Clerc fils.	*Idem*, à Roquemaure.	

MM.	*Gironde.*	
De Silguy.	Ing. en chef dir. des ponts-et-ch.	Bordeaux.
Vène.	Ing. des mines.	
Magouty.	Pharmacien.	
Malaure.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Jaquemet.	*Idem.*	
Cousin père. . . .	Maître de forges.	
Bompar.	Capitaine de port.	
Fol.	Direct. de la fonderie de Bacalan.	
Coureau fils . . .	Constructeur.	
Deschamps fils. . .	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	
Tabuteau.	Ing. ord. *idem.*	
Alphand.	Asp. ing. *idem.*	
	Hérault.	
Garella.	Ing. des mines.	Cette.
Mangeot.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Sarran.	Armateur, négociant.	
Attazin	Négociant, anc. offic. de la marine.	
Alliez.	Conducteur des ponts-et-ch.	
Bessil (Antoine). .	Ancien constructeur de navires.	
	Ille-et-Vilaine.	
Robinot.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Rennes.
Amaury-Dréo. . .	Négociant.	
Bohard.	Horloger-mécanicien.	
Leroy-Hudelez. . .	Serrurier-mécanicien.	
Bataille.	Contre-maître de la manufacture de la Pelletière.	
	Indre-et-Loire.	
Maurice.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Tours.
Sagey.	Ing. des mines.	
Bellanger.	Conseiller de préfecture.	
Jacquemin.	Architecte.	
Walwein	Maire de Tours.	
Borgnet.	Prof. de math. au coll. de Tours.	
	Loire-Inférieure.	
Cabrol.	Ing. en ch. des ponts-et-ch.	Nantes.
Jégou.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Maillard de la Gournerie.	*Idem.*	
Bellanger	Capitaine de port.	
Bertrand - Fourmant.	Mécanicien.	
Leray.	Constructeur de navires.	
	Loiret.	
De Briche.	Ancien secrét. gén. de la préfect.	Orléans.
Jules Desfrancs. .	Fabricant.	
Abel Laisné-de-Villevêque.	Négociant.	
Floucaud	Ing. en chef de la navigation.	
Lejeune.	Ing. en ch. du canal lat. à la Loire.	
Lacave	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Petit.	Professeur de physique.	
Gretry.	Ancien élève de l'école polytech.	
Germon - Miron. .	Président du tribunal de comm.	

MM.

Lot-et-Garonne.

Job.	Ing. en chef des ponts-et-chauss. chargé du service du canal latéral à la Garonne et de la navig. de la Garonne.	
L'ing. en chef des ponts-et-chaussées du département.		
L'ing. ordin. des ponts-et-chauss. attaché au serv. de la Garonne, à Agen.		
Baumgarten. . . .	Ing. ord. des ponts-et-chauss. attaché au can. lat. et à la Garonne.	Agen.
. . . .	Ing. ord. des ponts-et-chauss.	
De Sévin.	Voyer en chef du département.	
Bartayrès.	Professeur de mathématiques.	
De Cressonnière. .	Ancien élève de l'école polytech.	
Marraud.	*Idem.*	
Alquié	Secrétaire général de la préfect.	
Col.	Chef de bureau. *Idem.*	

Maine-et-Loire.

Fourier.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	
Pron	Sous-directeur à l'école des arts et métiers.	
Morren	Prof. de phys. au coll. roy. d'Angers.	Angers.
Billard.	Négociant.	
Calabert.	Mécanicien.	
Lechâtellier. . . .	Ingénieur des mines.	

Morbihan.

Potel.	Ing. en chef des travaux marit.	
Reich.	Ing. des construct. navales, dir. de l'école d'applic. du génie marit.	Lorient.
Rossin.	Ing. des constructions navales.	

Moselle.

Lemasson.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	
Reverchon.	Ing. des mines.	
De Pontbriant. . .	Ing. civ.	
Gosselin.	Chef de bataillon du génie.	
Culmann.	Lieut. colon. d'artillerie.	Metz.
Lejoindre.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Plassiard.	*Idem.*	
Glavet père. . . .	Constructeur de machines.	
Vandernoot. . . .	Architecte.	

Oise.

De Marcilly. . . .	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	
Louische Desfontaines.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Accolet.	Constructeur de bateaux.	
Carbon.	Professeur de géométrie.	Compiègne.
Ouarnier.	Maître du port.	
Le Prience, père. .	Ancien marinier.	
Lesourd de Lisle.	Inspecteur de la navig. intérieure.	

MM. *Pas-de-Calais.*

Marguet.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Boulogne.
Michelin.	Sous-commissaire de marine.	
Poblet.	Lieutenant de port.	
Henry.	Architecte.	
Legris.	Professeur d'hydrographie.	
Néhou.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Calais.
Jacques.	Commissaire de marine.	
Segur.	Capitaine de port.	
Isaac l'aîné. . . .	Négociant.	
Larquer.	Directeur d'usine à vapeur.	

Pyrénées (Basses-).

Durant.	Ingén. des ponts-et-chauss.	Bayonne.
Piolle de Champflorin.	Elève-ing. *idem.*	
Pierre Lannes. . .	Négociant.	
François Stein. . .	Mécanicien.	
Duhart-Fauvet. .	Négociant.	
Descandes.	Constructeur de navires.	
Jauréguiberry. . .	Officier de port.	

Bas-Rhin.

Couturat.	Ing. en chef des travaux du Rhin.	Strasbourg
De Billy.	Ing. en chef des mines.	
Schvilgué.	Mécanicien.	
Persoz.	Prof. à la faculté des sciences.	
Busch.	Maître batelier.	

Rhône.

Mondot de Lagorce.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Lyon.
Montgolfier. . . .	Mécanicien.	
Tabareau.	Professeur à la Faculté des sc.	
Malmazet.	Adjoint au maire de Lyon.	
Gauthier.	Membre du conseil mun. de Lyon.	
Monmartin. . . .	Ancien officier du génie.	
Garella.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Jordan.	*Idem.*	
Meynard.	*Idem.*	
Duverger.	Aspirant ing. des ponts et chauss.	
Pigeon.	Ingénieur des mines.	

Saône-et-Loire.

De Noel.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Châlons.
Manès.	Ing. en chef des mines.	
Remise.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Moreau.	*Idem.*	
Boissenot.	Pharmacien.	
Bessy.	Chimiste.	

Seine.

Trémery.	Ing. en chef des mines.	Paris.
De Sénarmont. . .	Ing. des mines.	
Rohault.	Archit. commiss. de la pet. voirie.	
Dumoulin.	Inspecteur général de la navigat.	
Delamotte.	Géomètre des carrières.	

Seine-et-Marne.

MM.		
[illegible].	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Melun.
Parce.	Asp. ing. des ponts-et-chaussées.	
Somme.	Géomètre en chef du cadastre.	
Dupont.	Architecte du département.	
[illegible].	Pharm. de la mais. cent. de Melun.	
[illegible].	Insp. de la navigation.	Montereau.
[illegible].	Conducteur des ponts-et-chauss.	
[illegible]. . . .	Ing. des ponts et chaussées.	
[illegible].	Medecin.	
[illegible].	Direct. de la manufact. de faïence.	
[illegible]. . .	Ancien serrurier-mécanicien.	

Seine-Inférieure.

[illegible].	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Rouen.
De Saint-Léger . .	Ing. des mines.	
[illegible].	Ing. des ponts-et-chaussées.	
[illegible]	*Idem.*	
Legrand.	Capitaine de port.	
[illegible]	Inspecteur de la navigation.	
[illegible]	Ex-constructeur de navires.	
Brehier.	Chef de division à la préfecture.	
Gors.	Professeur de mathémat.	
[illegible].	Négociant.	
[illegible]. . . .	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
Renaud.	Ing. en chef des ponts-et-chauss.	Le Havre (*)
Chevalier.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Belanger.	Directeur du port.	
[illegible]	Capitaine de port.	
Guérin.	Anc. capitaine au long cours.	
Mary.	Ing. des ponts-et chaussées.	Dieppe.
[illegible].	Lieuten. de port.	
[illegible].	Anc. officier de marine.	
Legal	Anc. capitaine au long cours.	
[illegible]. . . .	Constructeur de navires.	

Somme.

[illegible].	Ing. des ponts-et-chauss.	Saint-Valery.
[illegible]	Commissaire de marine.	
[illegible].	Professeur d'hydrographie.	
[illegible].	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
[illegible].	Lieutenant de port.	

(*) La commission du Havre est instituée pour les bâtiments du Havre à Honfleur.

MM. *Var*

Joffre.	Ingénieur de la marine.	Toulon.
Campagnac.	Ing. des constructions navales.	
Lambert.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Kerris.	Sous-ingénieur de la marine.	
Albert.	Lieutenant de port.	
Gueit	Architecte.	

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 15 mai 1841.

Monsieur le préfet, l'article 1er de la loi sur le sel, du 17 juin 1840, porte que nulle exploitation de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée naturellement ou artificiellement, ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une concession consentie par ordonnance royale, délibérée en conseil d'état.

L'article 2 énonce que les lois et règlements généraux sur les mines sont applicables aux exploitations de mines de sel : qu'un règlement d'administration publique *déterminera*, selon la nature de la concession, les conditions auxquelles l'exploitation sera soumise, et les formes des enquêtes qui devront précéder les concessions de sources ou de puits d'eau salée.

J'ai l'honneur de vous transmettre une ampliation de l'ordonnance du 7 mars, relative à l'exécution de cet article 2 de la loi. Celle-ci est également imprimée à la suite de cette circulaire.

Le titre 1er de l'ordonnance concerne spécialement les mines de sel.

Il impose, pour l'obtention des concessions, les mêmes conditions que celles qui sont prescrites, par la loi du 21 avril 1810, pour les mines en général. On a dû y ajouter, néanmoins, les dispositions que la nature de la substance minérale et le caractère particulier de ces exploitations rendaient nécessaires.

Aux termes de l'article 1er, il ne pourra être fait de concession de mines de sel sans que l'existence du dépôt de sel ait été constatée par des puits, des galeries ou des trous de sonde. C'est une règle générale en effet, et je l'ai rappelée par ma circulaire du 31 octobre 1837, qu'il ne peut y avoir matière à concession tant qu'on n'a point recueilli des notions suffisantes sur le gîte qu'il est question d'exploiter.

La loi du 17 juin 1840 ayant assimilé les mines de sel à toutes les autres mines, les propriétaires de la surface ont droit ici à la rétribution qui leur est réservée par la loi de 1810 sur le produit des mines concédées. Cette rétribution se règle dans l'acte de concession ; et il convient que l'offre faite par le demandeur soit portée, par les affiches, à la connaissance du public, afin que les tiers intéressés puissent produire, s'il y a lieu, leurs observations. Tel est le but de l'article 2 de l'ordonnance.

La mine de sel, une fois concédée, peut être exploitée de deux manières : ou à l'état solide par puits et galeries, ou par dissolution, au moyen de trous de sonde ou autrement. Une surveillance spéciale est également nécessaire dans les deux systèmes. Il y a certaines mesures à prendre dans l'intérêt des bâtiments, des édifices et de la conservation des voies publiques. Une exploitation par dissolution pourrait, en particulier, causer de grands dommages, si elle était trop rapprochée des édifices ou pratiquée sans précaution. Il convient donc que le public soit mis à même de connaître le projet du concessionnaire, et que ce projet ne puisse être exécuté qu'après avoir été approuvé par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, ni changé qu'en vertu d'une nouvelle autorisation ; qu'enfin aucun nouveau champ d'exploitation ne soit ouvert sans une permission. Ces dispositions sont commandées par le bon ordre : elles font l'objet de l'article 3 de l'ordonnance.

Le titre II est relatif aux sources et puits d'eau salée.

On applique aux recherches qui les concernent les dispositions établies à cet égard par les articles 10, 11 et 12 de la loi du 21 avril 1810.

Tout concessionnaire étant tenu, aux termes de la loi du 17 juin, de fabriquer annuellement 500,000 kilogrammes de sel, au moins, pour être livrés à la consommation intérieure et assujettis à l'impôt, sauf l'autorisation spéciale de fabriquer au-dessous de ce minimum, l'article 5 de l'ordonnance oblige le demandeur en concession d'une source ou d'un puits d'eau salée à justifier que la source ou le puits peut fournir des eaux salées en quantité suffisante pour cette fabrication.

Le demandeur devra également justifier, d'après l'article 6, des facultés nécessaires pour entreprendre et conduire les travaux, et des moyens de satisfaire aux indem-

nités et charges qui seront imposées par l'acte de concession. Cet acte crée une propriété qui soumet le titulaire à certaines obligations, telles que de payer une rétribution aux propriétaires de la surface, de les indemniser des dégâts que ces travaux pourraient leur occasionner, enfin d'exploiter conformément aux règles prescrites et de manière à pourvoir aux besoins des consommateurs. Il est donc nécessaire que celui qui demande une concession de cette nature fournisse la preuve que ses facultés pécuniaires le mettent en état de remplir ces diverses obligations, indépendamment des conditions particulières qui pourront lui être prescrites, dans l'intérêt du fisc, par les autres règlements sur la matière. L'article 14 de la loi du 21 avril 1810 a exigé les mêmes justifications de tout individu ou société qui sollicite une concession de mine.

La demande sera adressée au préfet et enregistrée conformément à l'article 22 de cette loi. L'article 7 de l'ordonnance ajoute qu'elle devra être accompagnée d'un plan fourni en quatre expéditions. L'une de ces *expéditions est* destinée à être jointe à l'acte de concession; l'autre sera déposée dans les archives du ministère des travaux publics; la troisième, renvoyée à la préfecture après l'émission de l'ordonnance de concession. Enfin, la quatrième est destinée à l'administration financière, appelée à exercer ici une surveillance spéciale dans l'intérêt de l'impôt.

La durée des publications et affiches est fixée à deux mois par l'article 8; elle est de quatre mois pour les mines de sel. Il a paru qu'on pouvait, sans inconvénients, abréger ce délai lorsqu'il s'agit de sources ou de puits d'eau salée. Le mode de publicité sera d'ailleurs le même que celui qui est prescrit à l'égard des concessions de mines.

Pour ces dernières concessions, les demandes en concurrence sont admissibles devant le préfet jusqu'au dernier jour du quatrième mois, et, d'après la jurisprudence du conseil d'état, devant le ministre ou le conseil d'état jusqu'à l'émission de l'ordonnance. Les articles 9, 10 et 11 de l'ordonnance ci-jointe établissent une autre règle relativement aux sources et puits d'eau salée; les demandes en concurrence ne seront admises que jusqu'au dernier jour de la durée des affiches. Les oppositions, les réclamations concernant les offres faites aux propriétaires de la surface, les demandes en indemnité d'invention, pourront seules être reçues après ce délai, jusqu'à ce qu'il ait été statué

définitivement sur la concession. On a pensé que, s'il pouvait être utile de maintenir la règle établie à l'égard des mines, les exploitations de sources ou de puits salés ne devant pas, en général, avoir la même importance, il y avait lieu d'abréger les retards autant que possible.

Du reste, ainsi que pour les concessions de mines, le gouvernement jugera des motifs ou considérations qui devront le diriger dans le choix du concessionnaire, sans préjudice, toutefois, comme l'exprime l'article 12, de la disposition transitoire réservée, par la loi du 17 juin, en faveur des propriétaires des établissements actuellement existants.

Le titre III renferme les dispositions communes à toutes les concessions de mines de sel ou de sources et de puits d'eau salée. On conçoit effectivement qu'il en est plusieurs qui leur sont également applicables, en ce qui a rapport à la surveillance, à la sûreté publique, etc.

En thèse générale, aux termes de la loi du 21 avril 1810, tout propriétaire peut faire des recherches dans sa propriété, sans permission, ou déléguer cette faculté à autrui. Sur son refus, le gouvernement peut donner l'autorisation à un tiers. L'ordonnance ajoute quelques précautions pour éviter que, sous le prétexte d'opérer des recherches, on entreprenne des exploitations clandestines. D'après l'article 20, celui qui a droit d'effectuer les recherches ne pourra les commencer qu'un mois après la déclaration qu'il en aura faite à la préfecture. Le préfet avertira immédiatement le directeur des contributions indirectes ou des douanes, suivant les cas.

Conformément à la nouvelle loi, les concessions doivent avoir pour objet, ou des mines de sel gemme, ou des sources ou puits d'eau salée; leur étendue est différente à raison de la différence du mode d'exploitation. Il ne saurait donc être accordé, dans le même périmètre, des concessions de natures diverses à plusieurs personnes à la fois; il en résulterait des inconvénients et des dangers que l'on doit prévenir. Mais il est évident que, si le concessionnaire d'une source ou d'un puits salé reconnaissait, dans les limites du terrain qui lui est concédé, l'existence d'un gîte de sel, rien ne ferait obstacle à ce qu'il pût réclamer et obtenir la concession de ce gîte; mais, dans ce cas, il devra se soumettre à l'accomplissement des formalités relatives aux mines de sel : tel est l'objet de l'article 20.

Les articles 21 et 22 disposent que, dans les circonstances où une exploitation compromettrait la sûreté publique, la conservation des travaux, la sûreté des ouvriers ou des habitations de la surface, elle pourra être interdite conformément à l'article 50 de la loi du 21 avril 1810: que, si elle a lieu sans autorisation, la même interdiction sera prononcée en vertu de l'article 8 de la loi du 27 avril 1838.

Une distinction, néanmoins, a dû être faite, sous le dernier rapport, relativement aux exploitations qui se trouvaient en activité lors de la promulgation de la loi du 17 juin et qui n'auraient été l'objet d'aucune poursuite. A l'instar de ce qui a été réglé par la loi du 21 avril 1810 pour les exploitations entreprises avant la promulgation de cette loi, un régime transitoire était ici nécessaire. L'article 22 maintient provisoirement les *exploitations en activité* à l'époque de la promulgation de la *nouvelle loi*, mais à charge par les exploitants de former, *dans un délai* de trois mois à compter de la promulgation du présent règlement, des demandes en concession. Si elles ne sont point accueillies, l'exploitation cessera de plein droit.

L'exploitation des mines concédées doit avoir lieu sans interruption. Si elle est suspendue de manière à inquiéter sur les besoins des consommateurs, la révocation peut s'ensuivre, en exécution de l'article 49 de la loi du 21 avril 1810. Sans doute, un concessionnaire ou un fabricant de sel a la faculté, aux termes de l'article 6 de la nouvelle loi, de cesser son exploitation ou sa fabrication en prévenant un mois d'avance. Mais, en tant que concessionnaire de mine, il est soumis aux dispositions spéciales de la législation des mines; et, si les besoins des consommateurs se trouvent compromis par l'inactivité de son exploitation, l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, adopté précisément dans cette prévision, autorise à lui retirer la concession, qui ne lui a été délivrée que dans l'intérêt public, et dont le public ne profite plus. La loi du 27 avril 1838 a donné les moyens d'appliquer cet article 49. Ainsi que je l'ai remarqué dans ma circulaire du 29 décembre 1838, à laquelle je me réfère, on ne doit recourir à ces mesures extrêmes que dans les cas de nécessité absolue, mais il y avait lieu de rappeler ici explicitement la règle: c'est ce que fait l'article 23 du règlement.

D'après l'article 24, le directeur des contributions indi-

rectes ou des douanes, selon les circonstances, sera consulté sur toute demande en concession. Les ingénieurs des mines feront leurs rapports; puis les pièces seront transmises par MM. les préfets, avec leur avis, au ministère des travaux publics, qui les communiquera au département des finances. De cette manière, les garanties qu'exige la perception de l'impôt se trouveront assurées.

Le titre IV et dernier contient les prescriptions relatives aux usines destinées à la fabrication du sel, et qui, aux termes de l'article 9 de la loi du 17 juin, doivent être autorisées régulièrement.

Il y avait lieu d'appliquer à ces usines les dispositions de la loi du 21 avril 1810 qui exigent des permissions pour les établissements destinés à élaborer les produits des substances minérales. Si une liberté absolue avait été laissée au fabricant, plusieurs intérêts auraient pu en souffrir. Il est essentiel que le public soit averti des demandes qui seront formées, et qu'il soit appelé à faire ses observations. Du reste, le règlement réduit à un mois le délai des affiches.

Eu égard à l'impôt spécial que supporte l'exploitation du sel, la loi du 17 juin affranchit les concessions de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée, des redevances au profit de l'état. Il est juste que les usines destinées au traitement de cette substance jouissent de la même exemption. Aussi ne les a-t-on point assujetties à la taxe fixe établie par l'article 75 de la loi de 1810.

Enfin, par analogie avec ce qui est réglé pour les exploitations d'eau salée actuellement existantes, on maintient provisoirement les fabriques de sel qui sont aujourd'hui légalement en activité; et, de même que pour les premières, il est accordé un délai de trois mois aux propriétaires de ces fabriques, pour former leurs demandes. Dans le cas où les permissions ne seraient point accordées, les établissements seront interdits.

Je vous invite, Monsieur le Préfet, à tenir la main, en ce qui vous concerne, à l'exécution de l'ordonnance du 7 mars dernier. Un régime nouveau est maintenant établi pour l'exploitation des mines de sel gemme, des sources ou des puits d'eau salée : il importe d'en assurer partout l'exacte observation. Il importe aussi de hâter autant que possible l'instruction des demandes qui seront formées, et d'éviter que des retards qui ne se justifieraient pas donnent lieu à

des plaintes fondées. Je me réfère, sur ce point, à mes circulaires des 15 et 16 mai 1839.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente, dont je transmets une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Agréez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 17 mai 1841.

Nouveau programme d'admission pour les candidats à l'école des mineurs de St-Étienne.

Monsieur le préfet, depuis longtemps, le conseil d'administration de l'École des mineurs de Saint-Étienne appelait de tous ses vœux une extension au programme des connaissances exigées des candidats à ladite École.

Cette demande, après avoir été dans le conseil général des mines l'objet du plus sérieux examen, m'a paru devoir être accueillie, et sur ma proposition M. le ministre des travaux publics y a donné son assentiment.

Je viens en conséquence d'arrêter le nouveau programme des connaissances que doivent posséder les candidats, et j'ai l'honneur de vous en adresser ci-joint un exemplaire, en vous priant de le faire publier d'urgence dans l'un des journaux de votre département.

Vous remarquerez aussi qu'il a été apporté au mode d'examen suivi jusqu'ici, quelques changements importants : à l'avenir les candidats devront subir deux examens, l'un devant MM. les ingénieurs délégués à cet effet, et qui aura pour but de constater leur admissibilité au concours; le second qui sera définitif, devant le conseil de l'École des mineurs.

L'avis ci-joint que je vous adresse fait connaître l'époque et le lieu des examens préalables qui auront lieu cette année, et le nom des examinateurs ; je vous prie de lui donner la plus grande publicité.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE.

Programme des conditions pour l'admission des candidats à cette école.

1° Les connaissances exigées pour l'admission à l'École des mineurs sont :

L'arithmétiquc,

Le système légal des poids et mesures,

La géométrie élémentaire,

L'algèbre, jusques et y compris les équations du second degré.

Les éléments du dessin linéaire.

Si le candidat a des connaissances plus étendues que celles qui sont ci-dessus énoncées, il pourra demander, après qu'elles auront été constatées par l'examen, qu'il en soit fait mention au procès-verbal.

2° Les candidats devront justifier en outre qu'ils savent parler et écrire correctement la langue française.

3° Les candidats ne pourront être admis avant l'âge de seize ans accomplis, ni après l'âge de vingt-cinq ans.

Ils devront prouver par un certificat des autorités du lieu de leur domicile qu'il sont de bonnes vie et mœurs.

4° Ils devront prouver aussi qu'ils ont eu la petite vérole, ou qu'ils ont été vaccinés.

5° Les candidats, pour être admis à concourir pour les places vacantes à l'École des mineurs, devront subir un examen préalable devant les ingénieurs des mines désignés à cet effet chaque année.

Sont déclarés admissibles ceux qui, dans cet examen, auront prouvés qu'ils possèdent les connaissances énoncées aux articles 1 et 2, et qui rempliront d'ailleurs les conditions des articles 2, 3 et 4.

A l'égard de ces conditions, ils devront remettre à l'examinateur des certificats dûment légalisés.

6° Seront réputés admissibles les candidats qui auraient fait ou feraient encore partie d'une liste d'admissibles à l'école royale polytechnique, et en conséquence ces candidats seront dispensés de subir l'examen préalable ci-dessus indiqué.

7° Pour être reçu définitivement élèves de l'École des mineurs, les admissibles devront subir un examen à Saint-Étienne devant le conseil de ladite École.

Ce conseil déterminera l'ordre de mérite des candidats.

8° L'examen préalable aura lieu, cette année du 1er août au 1er septembre.

9° L'examen définitif aura lieu à Saint-Étienne dans la seconde quinzaine d'octobre, et les admissibles devront en conséquence être rendus à Saint-Étienne le 15 octobre au plus tard.

10° Les élèves seront tenus de se procurer les livres et autres objets nécessaires à leur instruction.

Paris, le 1er mai 1841.

Nouveau programme d'admission pour les examens à l'école des mineurs de St-Étienne.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous envoyer ampliation d'une circulaire que j'adresse à MM. les préfets pour leur faire connaître les changements apportés dans le mode et les conditions d'examen à l'École des mineurs de Saint-Étienne.

A cette circulaire est joint également un avis indiquant l'époque et le lieu des examens préalables pour cette année, et le nom des examinateurs : vous y verrez, Monsieur, que les examens auront lieu du 1er août au 1er septembre; vous aurez pour ce qui vous concerne à fixer dans cette période les dix jours au moins que vous consacrerez aux examens, et à vous concerter avec M. le préfet, pour faire connaître par la voie des journaux l'époque que vous aurez choisie.

Dès que vous aurez terminé les examens des candidats qui se seront présentés devant vous, vous voudrez bien me transmettre sans retard les procès-verbaux que vous aurez dressés pour chacun d'eux, avec les autres pièces exigées par le programme, et qui auront dû vous être remises.

Je n'ai pas besoin de vous faire remarquer, Monsieur, quel soin vous devez apporter à constater exactement le mérite des candidats qui se présenteront devant vous : il importe beaucoup de ne placer sur la liste des admissibles que ceux qui sont véritablement dignes d'y figurer; autrement on les exposerait à des frais inutiles d'un voyage

à Saint-Étienne où ils auraient à subir l'examen définitif; c'est là un inconvénient qu'il est essentiel d'éviter.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée,

Le sous-secrétaire d'état aux travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 16 juin 1841.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous adresser les états destinés à recevoir les documents statistiques relatifs aux mines et aux usines pour l'année 1840. Il n'a été apporté que peu de modifications aux précédents modèles. Elles résultent de l'examen comparatif qui a été fait des renseignements donnés par MM. les ingénieurs, pour les années précédentes, et de la nécessité d'établir partout l'ensemble et l'uniformité désirables.

Documents statistiques à réunir pour l'année 1840.

État n° 1. — Dans l'état n° 1 on supprimera l'indication du volume de la portion du combustible livrée au commerce : l'évaluation en volume sera dorénavant appliquée à la totalité du combustible extrait, ainsi que cela est indiqué à la colonne 41.

On avait jusqu'à présent confondu, sous le nom générique de *houille*, des combustibles fort différents par leur propriété et par leurs usages; il conviendra qu'à l'avenir on distingue dans l'état n° 1, parmi les combustibles minéraux, les catégories dont les caractères ont été indiqués avec détail sur le premier recto de cet état. Cette division des combustibles minéraux en six catégories est celle qui a semblé le plus conforme à l'état actuel de la science et aux emplois que l'on fait de ces combustibles; cette distinction doit être faite dans les colonnes 36, 37, 38 et 39, et toutes les autres colonnes du même état doivent seulement se rapporter à la totalité du combustible extrait dans chaque mine, sans distinction des qualités qui auront pu être mentionnées dans les colonnes précédentes.

États nos 2, 3 et 4. — Les seuls changements qu'on ait introduits dans la forme de ces états sont les suivants :

On a supprimé la mention explicite de la méthode de fusion des minerais de fer, où l'on emploie alternativement

le coke et le charbon de bois. Les produits de cette méthode, qui pendant les dernières années se trouvait restreinte à deux usines, pourront, sans inconvénient, être répartis entre les deux modes spéciaux de fusion au charbon de bois et au coke.

On a supprimé également toute mention de la méthode bergamasque, qui a complétement disparu du seul département où elle avait été conservée jusqu'à ces dernières années.

Il conviendra à l'avenir de distinguer, comme on le faisait déjà pour les hauts-fourneaux, les produits des feux d'affinerie alimentés, soit par le charbon de bois seul, soit par le bois vert desséché ou torréfié.

Je recommande spécialement de distinguer sur l'état n° 3 les hauts-fourneaux et les fourneaux d'affinerie qui sont alimentés à l'air froid ou à l'air chaud; les fourneaux et foyers à l'air chaud seront mentionnés par l'indication de la température de l'air projeté.

J'appelle d'une manière toute particulière l'attention de MM. les ingénieurs sur la colonne 44 de l'état n° 3, où il est indispensable de mentionner la redevance payée aux propriétaires pour les produits extraits de chaque gîte de minerai de fer.

Je recommande également à leur attention les documents à insérer dans les états 2 et 4, et qui doivent former les bases d'une notice historique sur l'industrie du fer. Ainsi qu'on l'a indiqué dans le résumé des travaux statistiques en 1840 (page 8), ce travail, bien que quelques-uns de MM. les ingénieurs s'en soient occupés avec un soin vraiment digne d'éloges, et dont je me plais à les remercier, n'a pu être publié cette année par suite des lacunes que plusieurs d'entre eux avaient laissées subsister dans l'indication des renseignements demandés. Il importe que ces lacunes soient, autant que possible, comblées par de nouvelles recherches.

Par des causes analogues, la publication du travail sur le mouvement commercial et la consommation des fers a dû également être différée. Cet objet est néanmoins d'une haute importance. Il ne suffit pas, en effet, pour apprécier l'importance de l'industrie du fer, de connaître le chiffre de sa fabrication, il faut encore savoir comment ses produits se distribuent et par quelles voies ont lieu leurs débouchés.

L'administration a souvent regretté de ne pouvoir fournir à ce sujet des renseignements complets, à l'occasion des débats parlementaires relatifs aux tarifs des fers et au tracé de certaines voies de communication (voir le résumé des travaux statistiques en 1839, pages 5 et suivantes).

Il est d'une grande importance de réunir à cet égard tous les détails possibles. Le résumé succinct sur la production et les débouchés des usines à fer du département, indiqué au verso de l'état n° 4, n'est que le développement de la colonne 41, qui a toujours figuré dans cet état; en sorte que les documents qui servent à la rédaction de ce tableau doivent être familiers à MM. les ingénieurs. Il y a seulement à leur donner plus d'étendue et de précision en déterminant, autant qu'il est possible, les diverses portions de la masse produite qui suivent des directions différentes. Quelle que soit l'incertitude des chiffres fournis à ce sujet par les exploitants, MM. les ingénieurs des mines peuvent mieux que personne indiquer une première évaluation, mais il est bon qu'ils fassent connaître le degré de confiance que méritent les renseignements qu'ils transmettent, et qui deviendront chaque année plus précis, en continuant de suivre ce plan de recherches.

La méthode à suivre pour arriver à connaître l'origine et la quantité des fers, fontes et aciers consommés dans un département doit varier avec les circonstances propres à chaque localité.

La consommation du fer dans un département peut se diviser en deux catégories, celle des populations rurales et des petites villes, et celle des villes importantes et des grandes fabriques qui élaborent la fonte et le fer.

La consommation d'une population exclusivement agricole est à peu près proportionnelle à son importance numérique et à l'état de son agriculture. Ce dernier élément étant presque uniforme sur la surface d'un département, ou du moins ne variant guère qu'entre un petit nombre de districts métallurgiques, il suffit de déterminer une moyenne de consommation pour un certain nombre de villages, afin d'en conclure, pour chaque district, une moyenne qu'on pourrait appeler la *consommation spécifique* de cette partie du département.

Cette consommation spécifique multipliée par les chiffres officiels de la population agricole, soit dans chaque district,

soit dans l'ensemble du département, représente la consommation de cette première catégorie.

Pour arriver à évaluer la consommation moyenne en divers points du département, il suffit de consulter dans un certain nombre de villages, dont la population sera connue, le petit nombre d'ouvriers, et souvent le seul ouvrier qui travaille le fer. Ceux-ci pourront toujours, en effet, indiquer la masse de fer qu'ils élaborent et les marchands auprès desquels ils s'approvisionnent.

Quant à la consommation des villes, et des grands centres d'élaboration de la fonte et du fer, la détermination en est plus complexe. On peut cependant arriver à en réunir les éléments d'après des informations recueillies auprès des principaux marchands de fer et des ateliers de ferronnerie les plus importants; les entrepreneurs de roulage peuvent aussi fournir des renseignements précieux; mais c'est surtout aux préposés aux péages sur les diverses voies de communication qu'il peut être utile de s'adresser.

Les chiffres consignés dans le tableau doivent aussi servir, en partie, de contrôle aux résultats relatifs à la consommation du département, puisqu'ils indiquent la quantité de fer qui y est produite et qui y reste.

Enfin, on peut avoir un dernier moyen d'information directe, ou rectifier des données inexactes, en s'adressant aux grands centres d'entrepôt, de vente et d'expédition qui alimentent la région de la France dont chaque département fait partie.

En appelant d'une manière spéciale l'attention de MM. les ingénieurs sur cette étude, l'administration ne s'est point dissimulé la difficulté qu'elle présente. Mais elle ne saurait être arrêtée par cette difficulté, secondée comme elle l'est par des hommes éclairés et spéciaux : l'importance du but à atteindre doit être pour tous un sujet d'émulation. Les résultats obtenus les deux dernières années, en ce qui concerne la consommation et la distribution des combustibles minéraux sur le territoire du royaume, font voir qu'il n'y a point en réalité d'obstacle pour un zèle persévérant. Ces résultats, dont l'utilité a été vivement appréciée, et au moyen desquels l'administration peut fournir des documents précieux aux industriels qui viennent fréquemment la consulter, ont été publiés par extrait dans le résumé statistique des travaux de 1839; MM. les ingénieurs y trouvent eux-mêmes la preuve de l'utilité de leurs travaux

et de ce que peuvent leurs efforts combinés et soutenus.

Pour cette question, comme pour celle des combustibles minéraux, le rôle de l'administration est de contrôler les uns par les autres les premiers chiffres que MM. les ingénieurs peuvent, mieux que personne, déterminer pour les divers départements, soit par des informations spéciales, soit par la connaissance générale qu'ils ont de l'industrie locale. L'administration possède un moyen naturel de vérifier l'ensemble de ces résultats, puisqu'elle peut déterminer directement le chiffre de la consommation intérieure par les documents recueillis annuellement sur la production, l'importation et l'exportation des combustibles minéraux.

Du reste, pour faciliter à MM. les ingénieurs le travail que je leur demande, j'ai fait rapprocher des documents qui avaient été fournis pour 1839 ceux qui ont été recueillis à l'administration des douanes. On a pu de la sorte faire, pour les divers départements, un relevé qui sera adressé à chaque ingénieur, et qui, joint aux instructions ci-dessus, offrira de nouvelles bases pour les recherches à faire pendant la présente campagne, relativement à l'année 1840.

État n° 5. — Il importe de distinguer dorénavant sur l'état n° 5, dans les colonnes 24 et 28, les ouvriers et les machines employés sur les mines et les usines; ces deux chiffres seront réunis par une accolade, le chiffre supérieur se rapportera aux mines, le chiffre inférieur aux usines.

Les renseignements consignés jusqu'à présent sur le deuxième verso de l'état n° 5, au sujet des eaux thermales, laissent beaucoup à désirer; l'administration a réuni sur ce point des renseignements qui seront transmis à MM. les ingénieurs et qui leur indiqueront ce qu'elle attend d'eux, soit en rectifiant les indications relatives aux divers établissements, soit en y ajoutant tous les détails qu'ils auront pu recueillir.

État n° 6. — Cet état est en tout conforme à celui des années dernières; seulement on pourra se dispenser de produire cette année la carte qui y avait été annexée précédemment.

Je me plais à penser, Monsieur, que vous ne négligerez rien pour vous conformer exactement aux intentions que je viens de vous exprimer. Le travail dont il s'agit devra me parvenir pour le 1er novembre au plus tard, par l'inter-

médiaire de MM. les ingénieurs en chef, qui y joindront leurs observations. J'attache un grand prix à ce que cette époque ne soit pas dépassée. Les retards apportés quelquefois à la remise des documents que je réclame n'ont pas toujours permis à l'administration de publier en temps utile le compte que la loi du 23 avril 1833 lui impose le devoir de rédiger. Chacun doit ici apporter le concours de ses recherches, de son zèle, de ses lumières. Si cette tâche peut, à quelques égards, paraître ingrate, elle n'en a pas moins en réalité une grande importance. Je compte sur vos efforts et sur votre dévouement pour la remplir,

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 29 juin 1841.

Règlement d'administration publique concernant l'enquête qui doit précéder l'application des dispositions de la loi du 27 avril 1838, relative aux mines inondées ou menacées d'inondation.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser une ampliation de l'ordonnance royale rendue le 23 mai dernier (1), et qui contient le règlement d'administration publique exigé par le second paragraphe de l'article 1er de la loi du 27 avril 1838, relative aux mines inondées ou menacées d'inondation.

Il me paraît superflu d'entrer ici dans aucun commentaire sur les articles dont se compose ce règlement, et qui s'expliquent suffisamment par leur seul énoncé.

Je me bornerai à vous faire remarquer que, d'après l'article 1er, l'enquête qui doit précéder l'application des mesures autorisées par la loi du 27 avril 1838, ne peut être ordonnée qué par le ministre des travaux publics.

Il est donc nécessaire que les pièces mentionnées en l'article 2 de ce règlement, et qui doivent servir de base à l'enquête, soient préalablement communiquées à l'administration supérieure. Le ministre décidera, sur le vu de ces pièces, s'il y a lieu de recourir à la loi de 1838.

J'appellerai aussi votre attention sur l'article 6 relatif à

---

(1) Voir cette ordonnance, page 757.

la composition de la commission d'enquête. C'est à vous, Monsieur le Préfet, qu'il appartient d'en désigner les membres et le président. Ce choix est difficile et délicat. Il ne suffit pas, en effet, que les membres de la commission possèdent les connaissances nécessaires pour apprécier et discuter les questions qui leur sont soumises; il faut encore qu'ils soient, autant que possible, dégagés de tout intérêt personnel dans ces questions, et que l'impartialité de leur opinion ne puisse être mise en doute. Lorsqu'il s'agit de prendre une mesure qui peut entraîner dans des dépenses considérables les particuliers ou les associations qui en sont l'objet, vous concevez, Monsieur le Préfet, combien il importe que l'administration soit parfaitement éclairée, et que ses décisions ne reposent que sur des motifs incontestables d'intérêt public.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Agréez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIX.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

CHIMIE. (Extraits.)

(*Travaux de* 1840.)

ANALYSES DE SUBSTANCES MINÉRALES.

TRAVAUX DE 1840.

MÉTALLURGIE ET MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

ADMINISTRATION.

FIN DE LA TABLE.

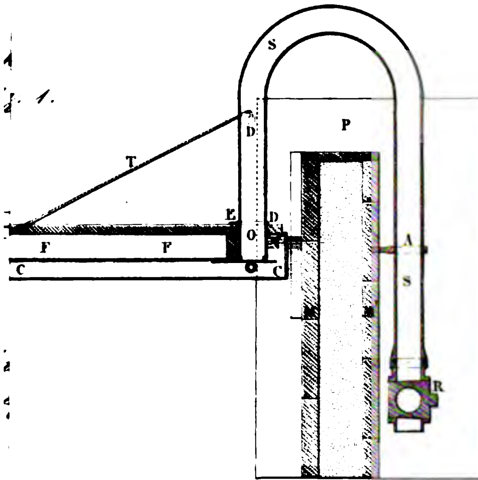
PLANCHES JOINTES AU TOME XIX.

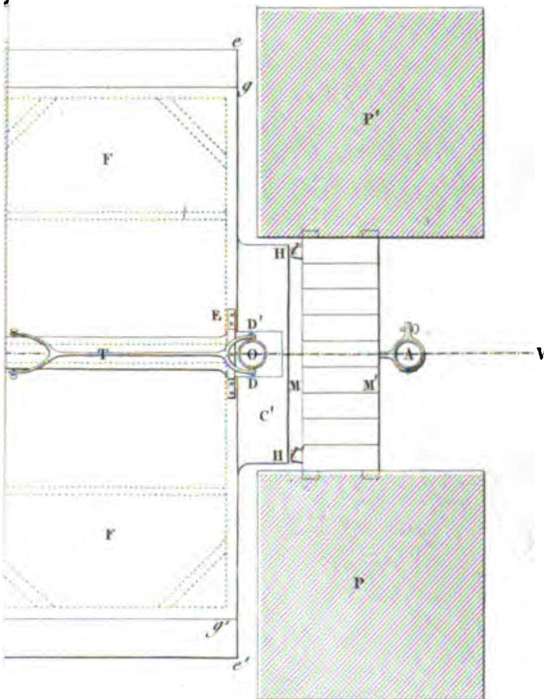
FIN DU TOME XIX.

Pl. I.

…des patouillets.

…g. 1.





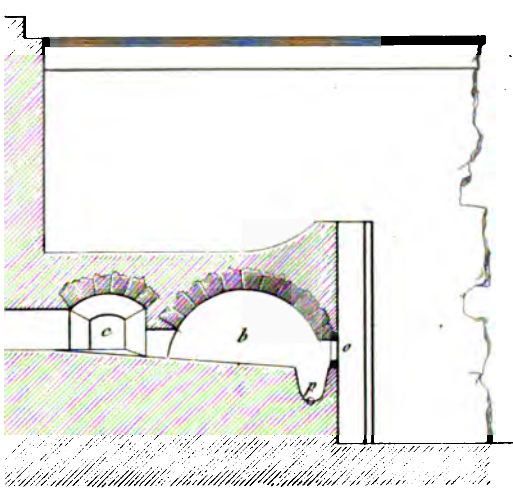
Gravé par Renou.

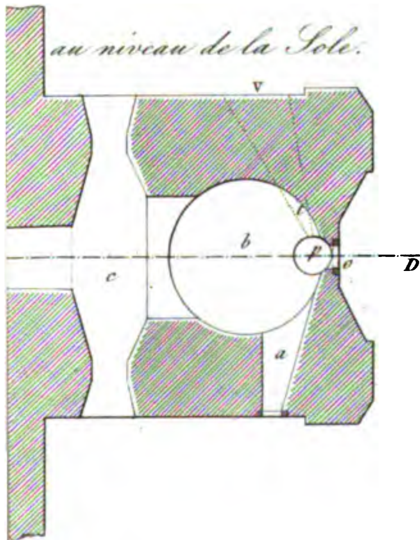
Fig. 8. Vue d'un escarpement sur la Route de Lyon à Clermont entre l'Hôpital et S.t Thurin.

Fig. 17. Coupe à un Kilomètre au Nord de Régny.

Fourneau de la fonderie de Plomeras
(Sierra de Gador).

Fig. 2. Coupe suivant CD de Fig. 1.





Gravé par Renou

Théories.

...x à tayères. (Fig. 9, 10, 11 et 12).

...tation du Porox...



Fi.3.

...x à tayères. (Fig.



Fig. 8.

Fig. 12.
Hauts fourneaux à fonte de fer.

312

700

83

73

32

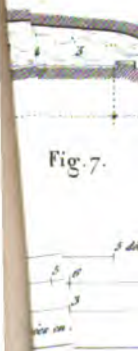
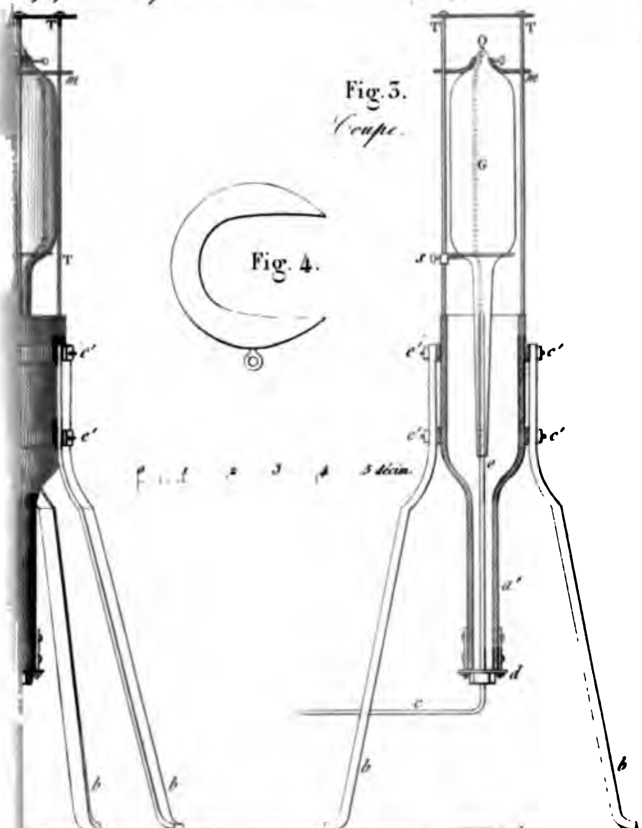


Fig. 7.

Appareil pour mesurer les Gaz.



Disposition pour isoler l'Arsenic dans l'appareil de Marsh.

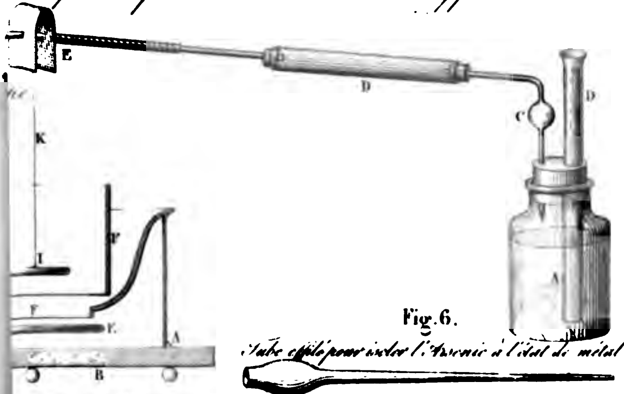
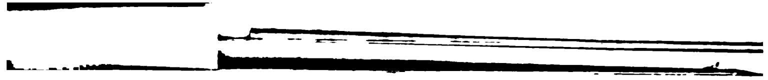


Fig. 6.

Tube effilé pour isoler l'Arsenic à l'état de métal

Gravé par Renou.



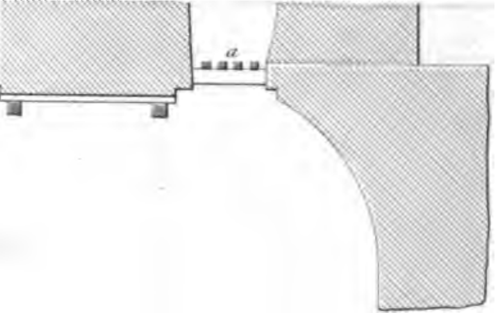
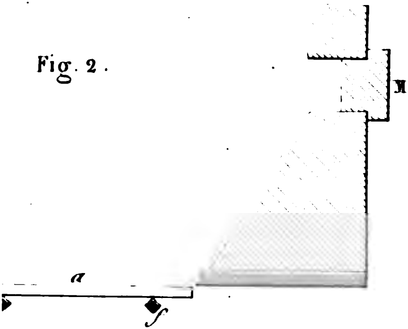
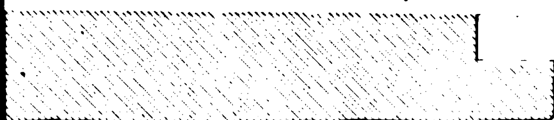


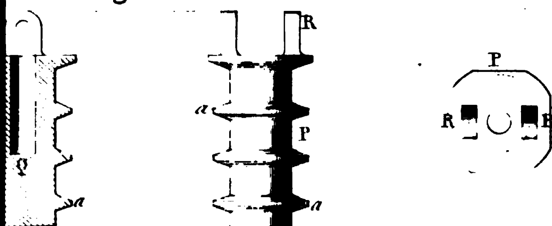
Fig. 2.

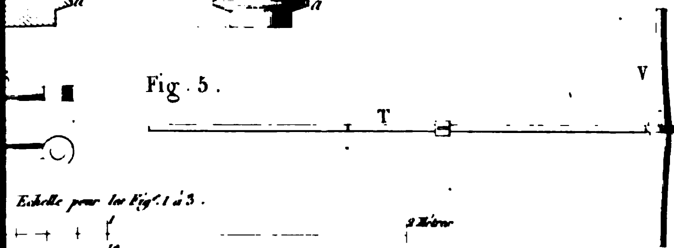


Adolphe Leblanc del et sculp.

FLINT-GLASS, PAR M.r BONTEMPS.







Adolphe Leblanc del. et sculp.

T-GLASS, PAR M.r GUINAND.



...ches et minéraux des îles Féroé.

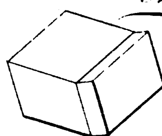
Fig. 3.

...de Calcédoine.



Fig. 1. Fig. 2.

Chabasie.



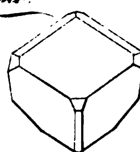
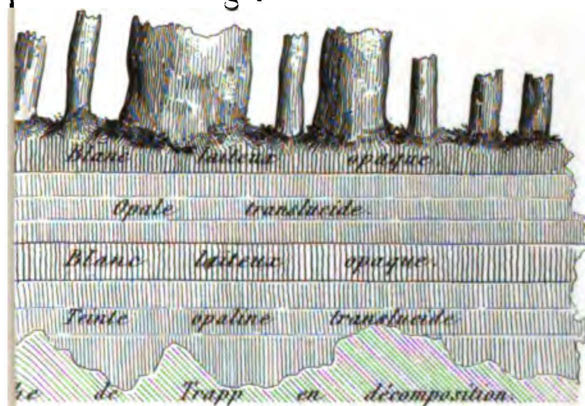
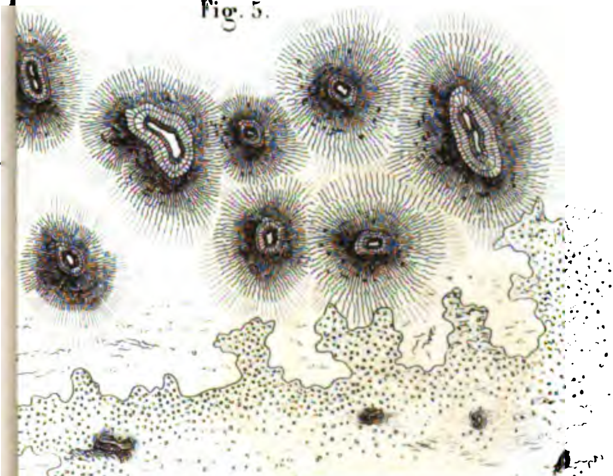


Fig. 4.



Stalactite de Calcédoine.

Fig. 5.



Gravé par Renou



Pl. IX.

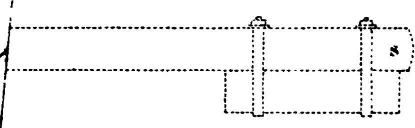


Fig. 3.

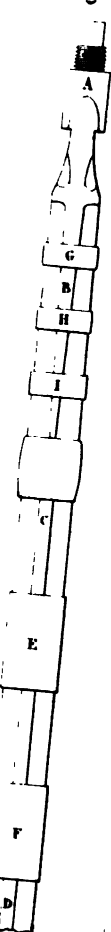


Fig. 2.

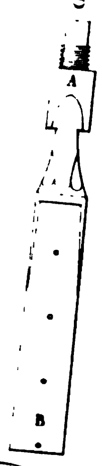
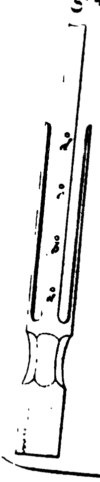


Fig. 4.



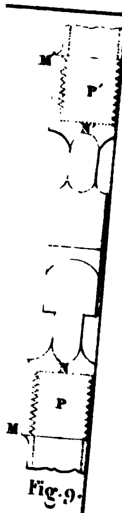


Fig. 9.

Tiges en bois.

Gravé par Renou.

ANNONCES

ıvrages nouveaux relatifs aux sciences et ıx arts qui se rapportent à l'exploitation 's mines et usines.

FRANCE.

JANVIER — FÉVRIER 1841.

ᴎᴛ-Gouzi (G.-G.). Précis des propriétés physiques, ımiques et médicales des eaux thermales d'Ax (Ariége). 8 de 3 feuilles 1/4. Imp. de Minarct, à Toulouse.

ɹs ᴅᴇ Donges. Mémoire sur la question des plus ıes et des frais d'entretien. In-8 de 3 feuilles 1/4. p. de C. Mellinet, à Nantes.

ɔɪʀᴇs de la Société géologique de France, tome IV, partie. In-4 de 31 feuilles 1/4 plus 11 pl. Imp. de Tilliard, à Paris. — A Paris, chez Langlois et :lercq, rue de La Harpe, n° 81. Prix. . . . 15 fr.

ɪɴᴅ Husson. Traité de la législation des travaux pu- cs et de la voirie en France. Deux vol. in-8; en- ıble de 64 feuilles. Imp. de Gros, à Paris. — A ris, rue de Condé, n° 10; chez Hachette, rue Pierre- :rasin, n° 12. Prix. . . . . 15 fr.

:s Liebig. Chimie organique appliquée à la physio- ie végétale et à l'agriculture, suivie d'un essai de icologie. Traduction faite sur les manuscrits de l'au- ır, par M. Charles Gerhart. In-8 de 25 feuilles. Imp. Gratiot, à Paris. — A Paris, chez Fortin-Masson, ce de l'École-de-Médecine, n° 1. Prix : 7 fr. 50 c.

·. Professeur de chimie à l'école militaire de Saint- ·. — Considérations élémentaires sur les proportions miques, les équivalents et les atomes, pour servir ıtroduction à l'étude de la chimie. In-8 de 4 feuilles.

Imp. de Montalant-Bougleux, à Versailles. —
chez Gauthier-Laguionie, au passage Dauphine

DIEN (CH.). Atlas des phénomènes célestes donnant
des mouvements apparents des planètes. Ann
In-4 de 9 feuilles 1/2 plus 9 pl. — A Paris, c
cesher, quai des Augustins, 55; chez l'auteur
Hautefeuille 13. Prix. . . . .

CARTE des intérêts métallurgiques : A MM. les m
de la commission des douanes à la chambre des d
n° 7. In-8 d'une feuille 1/2. Imp. de Schne
Paris.

HOEFER (FERD.). Éléments de chimie minérale, p
d'un abrégé de l'histoire de la science, et suiv
exposé des éléments de chimie organique. 2 vol
feuilles 3/4. Imp. de Fain à Paris. — A Paris
Dembry et Magdeleine, rue des Maçons-Sor
n° 1. . . . .

DUCROTAY DE BLAINVILLE (H. M.). Ostéographie
cription iconographique comparée du squelett
système dentaire des cinq classes d'animaux v
récents et fossiles, pour servir de base à la zoolo
la géologie. Ouvrage accompagné de planches
graphiées sous la direction de l'auteur, par M.
Werner. — Fascicule VIII. Mammifères. Ou
de 12 feuilles, plus un atlas de 18 pl. Imp. de
Paris. A Paris, chez Arthus Bertrand, rue Ha
n° 23. Prix. . . . .

L'ouvrage aura 5 à 600 pl. environ et autant de feuilles
in-4, et paraîtra par fascicule toutes les six semaines ou tous
mois. Le prix de chacun sera de 1 fr. 35 cent. pour chaq
son texte.

FRANCE.

MARS — AVRIL 1841.

COUSINERY (B. E.). Appendix au Calcul par le trait, interpolation circulaire, ou reproduction des formes courbes, par suite d'arcs de cercles tangents, comprenant, etc. In-8° de 3 feuilles 3/4, plus 2 pl. A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, nos 29 et 41. Prix. . . . . 2 fr. 50 c.

D'ARCET. Description des appareils de chauffage à employer pour élever convenablement la température du courant ventilateur dans les magnaneries salubles ; suivie de quelques renseignements sur l'emploi du tarare et sur l'étouffement des cocons. In-8° d'une feuille 1/4, plus 5 gravures. A Paris, chez Carilian-Gœury et Vr. Dalmont. Prix. . . . . 2 fr. 50 c.

MINARD. Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux, professé à l'Ecole des ponts et chaussées. In-4° de 55 feuilles, plus un atlas in-4° d'une demi-feuille, plus 36 pl. A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont. Prix. 36 fr.

DE L'ACHÈVEMENT de la voie navigable entre Bordeaux et Bayonne par les Landes du littoral, considéré dans ses rapports avec les intérêts généraux du pays et avec la défense du territoire. In-8° d'une feuille 1/2. Imp. de Pillet aîné, à Paris.

ÉMILE MARTIN. Dessins et descriptions des piliers en fonte de fer du pont de Cubzac, 1841. In-folio de 5 feuilles, plus 6 pl. Impr. de Schneider, à Paris.

DESCRIPTION du puits artésien de Grenelle. In-12 d'une demi-feuille. Impr. de Chassaignon, à Paris.

AULAGNIER (F.). Etudes pratiques sur la navigation du centre, de l'est et du nord de la France et des principales voies navigables de la Belgique. In-4° de 22 feuilles 1/4, plus un tableau. A Paris, chez Carilian-Gœury et V. Dalmont. Prix. . . . . 15 fr.

HUOT (J.-G.-N.). Nouveau Manuel complet de min[…] ou Tableau de toutes les substances minérales, […] in-18°, ensemble de 21 feuilles 3/4, plus 4 pl. A [Pa]ris, chez Roret, rue Hautefeuille, 10 *bis*. Prix. . . […]

SABLOUKOFF (Alex.) Mémoires concernant quelques [ap]plications à la construction des machines générale[ment] connues sous le nom de ventilateurs ou tarares, [et ap]plication nouvelle du même principe pour le [dépla]cement des corps liquides. In-8° de 2 feuilles [½.] Imp. de Guiraudet, à Paris.

ATLAS DE MINÉRALOGIE ou Histoire naturelle des min[éraux.] Composé de 40 planches. In-16 d'une 1/2 feu[ille.] Paris, chez Roret, rue Hautefeuille.

JOUFFROY (le marquis Achille de). Des bateaux à va[peur.] Précis historique de leur invention, essai sur la [théo]rie de leur mouvement et description d'un [...] palmipède applicable à tous les navires avec [...] cédé de deux rapports de l'Académie des sci[ences.] In-8° de 9 feuilles 3/4, plus un tableau et 2 pl. A Pa[ris,] chez Mathias (Augustins), quai Malaquais, [...] Prix. . . . . [...]

NADAULT DE BUFFON. Des usines sur les cours d'eau[, dé]veloppements sur les lois et règlements qui r[égissent] cette matière. Tome II, in-8° de 37 feuilles. A Pa[ris,] chez Carilian-Gœury et Vr Dalmont. Prix. . . [...]

BIOT (J. B.) Traité élémentaire d'astronomie ph[ysique.] 3e édition, corrigée et augmentée. Tome 1er. [...] 44 feuilles 3/4, plus un atlas in-4° d'une demi-feu[ille et] 26 planches. A Paris, chez *Bachelier*, quai [des Au]gustins, n° 55.

DUMÉSNIL (le baron Eugène). Des explosions de la chau[dière] à vapeur : nouvelle chaudière. Des explo[sions] dans les mines de houille : lampe de sûreté, ve[ine] artérielle. In-8° de 2 feuilles 3/4, plus une pl. A Pa[ris,] chez Carilian-Gœury et Vr Dalmont. Prix. 1 fr. [...]

PROGRAMME ou Résumé des leçons d'un cours de const[ruc]tion avec des applications tirées spécialement de l'[art] de l'ingénieur des ponts et chaussées. Ouvrage [de] M. J. Sganzin, 4e édition, enrichie d'un atlas [...] neux, entièrement refondu et considérablement [aug]menté, etc., par M. Reibell. Tome III, in-[...]

feuilles, plus une pl. et un atlas d'un quart de feuille, plus 40 pl. A Paris, chez Carilian-Gœury et Vr Dalmont. Prix de l'ouvrage en 3 vol. et 180 planches. . 108 fr.

W. Edwards staite. Explication sur la machine à vapeur rotative de Craig, précédée d'un aperçu sur l'invention de la machine à piston et d'une comparaison entre la puissance relative et les avantages que présentent les deux systèmes. Traduite de l'anglais par M. Mitchell. In-8o de 2 feuilles, à Paris, chez Raymond Bocquet, place de la Bourse, no 13.

Turpin. (S. J. F.). Iconographie végétale ou Organisation des végétaux, illustrée au moyen de figures analytiques; avec un texte explicatif raisonné et une notice biographique sur M. Turpin, par M. Richard, 1re livraison. In-8o d'une feuille 3/4, plus 4 pl. Imp. de Panckoucke, A Paris, rue des Poitevins, no 14. Prix. . 2 fr. 50 c.

Cournot (A. A.). Traité élémentairede la théorie des fonctions et du calcul infinitésimal. Deux volumes in-8o, ensemble de 65 feuilles 3/4, plus 6 pl. A Paris, chez Hachette, rue Pierre-Sarrasin, 12. Prix. . . . 16 fr.

Voyage autour du monde sur la frégate *la Vénus*, pendant les années 1836-1839; publié par ordre du roi, sous les auspices du ministre de la marine, par Abel du Petit-Thouars, tome II, in-4o de 29 feuilles 1/4. A Paris, chez Gide, rue de Seine, no 6 *bis*. Prix. . 9 fr.

L'ouvrage aura trois volumes de texte et quinze livraisons d'atlas, chacune du prix de. . . . . 12 fr. 50 c.

FRANCE.

MAI — JUIN 1841.

Calculs sur la force centrifuge développée par le passage des convois dans les courbes des chemins de fer, démontrant l'impossibilité d'y dépasser certaines vitesses avec sécurité. In-folio d'une feuille. Impr. de Crapelet, à Paris.

Van Alphen. Manuel du poids des fers plats, carrés et longs, calculé mathématiquement suivant le système métrique décimal. In-12 oblong de 4 feuilles 2/3, plus une pl. Impr. de Lambert, à Paris. — A Paris, chez l'auteur, rue de la Michodière, n° 8; chez Carilian-Gœury et Vor Dalmont, chez Mathias. Prix. 4 fr. 50 c.

P.-L.-C. Rabuté. Tarif général du poids spécifique de métaux : du fer, du cuivre, du plomb, de l'étain et du zinc, employés en grand dans l'architecture et la mécanique. Seconde édition, conforme à la première. In-8° de 33 feuilles. Impr. de Bachelier, à Paris. — A Paris, chez Bachelier, quai des Augustins, n° 55. Prix. 5 fr.

Richard. Essai sur les instruments et sur les tables de navigation et d'astronomie, c'est-à-dire sur différents moyens de prendre hauteur pendant la nuit et la brume; d'augmenter indéfiniment la stabilité et la précision dans la mesure des distances luni-astrales; de perfectionner l'héliomètre, la boussole, les tables de logarithmes et les tables de Mendoza (pour la très-prompte réduction des distances). In-8° de 10 feuilles 3/4, plus 8 tableaux et 6 pl. Impr. d'Anner, à Brest. — A Brest, chez l'auteur. Prix. . . . . 2 fr.

C. Gaubert. Traité de mécanique, à l'usage des élèves des Ecoles Polytechnique et Normale, et des aspirants à ces écoles. In-8° de 35 feuilles, plus 5 pl. Impr. de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vor Dalmont, quaides Augustins, nos 39 et 41. Prix. . . . . . 8 fr.

***

Cours élémentaire d'histoire naturelle; par MM. Milne Edwards, A. de Jussieu et Beudant. Zoologie, par M. Milne Edwards. 1re partie, anatomie et physiologie. In-18 de 7 feuilles 2/3. Impr. de Béthune, à Paris. — A Paris, chez Fortin, Masson et Ce, place de l'École de Médecine, no 1; chez Langlois et Leclercq. Prix. 3 fr.

P. Jeanneney. Calculs sur la sortie de vapeur dans les machines locomotives. In-8o de 12 feuilles 1/2, plus un tableau de 7 pl. Impr. de Guiraudet, à Paris. — A Paris, chez Mathias (Augustin), quai Malaquais, 5. Prix. . . . . 5 fr.

Alexandre Surell. Étude sur les torrents des Hautes-Alpes. In-4o de 38 feuilles, plus 6 pl. Imprimerie de Fain, à Paris. A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, nos 39 et 41. Prix. . . . . . 12 fr.

Ch. L. G. Eck. Traité de l'application du fer, de la fonte et de la tôle dans les constructions civiles, industrielles et militaires, etc. — Mémoire sur la construction de nouveaux planchers destinés à rendre les bâtiments incombustibles; par feu P. D. Bazaine, lieutenant général du génie. In-folio de 45 feuilles, plus 80 pl. Imprimerie de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, nos 39 et 41. Prix . 40 fr.

Ch. Combes. Aérage des mines. In-8° de 8 feuilles, plus 3 pl. Imprimerie de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, nos 39 et 41. Prix. . . . . 3 fr. 50 c.

Extrait du tome XVIII des *Annales des Mines*.

Félix Dujardin. Histoire naturelle des *Zoophytes*. Infusoires, comprenant la physiologie et la classification de ces animaux, et la manière de les étudier à l'aide du microscope. In-8o de 43 feuilles 1/2. A Paris, chez Roret, rue Hautefeuille, no 10 *bis*. Prix de chaque volume, pour les souscripteurs. . . . . . 5 fr. 50 c.
La livraison d'environ 10 pl. noires . . 3 fr. » c.
Coloriées. . . . . 6 fr. » c.

Nouvelles Suites à Buffon.

Notice sur la machine hydrodynamique. In-4o d'une demi-feuille. Imprimerie de Bourgogne, à Paris.

Le même écrit existe en anglais.

COLOMÈS DE JUILLAN. Recherches sur les grandes voies de communication nécessaires à la région comprise entre la Garonne et l'Ebre. In-4° de 17 feuille 1/8, plus un tableau et une carte. Imprimerie de Ducessois, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, n°s 39 et 41. Prix. . . . . 5 fr.

J.-J. D'OMALIUS D'HALLOY Des roches considérées minéralogiquement. Nouvelle édition in-8° de 8 feuilles 1/2. Imprimerie de Tilliard, à Paris. — A Paris, chez Langlois et Leclercq, rue de la Harpe, 81. Prix. 3 fr. 50 c.

E. DUGUÉ. Du système d'entretien des chaussées d'empierrement, mis en pratique dans le département de la Sarthe. In-8° de 4 feuilles 1/2. Imprimerie de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et V^{or} Dalmont, quai des Augustins, n°s 39 et 41.

M. A. DE BALASCHEFF, capitaine ingénieur russe. Notice sur l'exploitation du fer en Belgique, et sur la torréfaction du bois. In-8° de 3 feuilles, plus 2 pl. Imprimerie de Bourgogne, à Paris. — A Paris, chez Bachelier, quai des Augustins, n° 55, et chez Mathias (Aug.), quai Malaquais, n° 15.

ANGLETERRE.

1er SEMESTRE DE 1841.

FRANCIS WISHAW. The Railways of Great-Britain and Ireland, practically described and illustrated. In one vol. 4°. 600 pages, seventeen plates. Price. 1 l. 11 s. 6 d.

W. HUGHES. Geological Map of Central and Western Europe, including the British Isles. Large size. Price. . . . . 1 l. 10 s.
Elegantly mounted on rollers. . . . . . . 2 l. 2 s.

RICHARD ABBATT. Trigonometry and its Application to Astronomy, Dialing and Trigonometrical surveying. New edition corrected with plates. Price. . . . 7 s.

RICHARD ABBATT A Treatise on the Calculus of Variations. Second edition. Price. . . . . 7 l. 6 d.

THE HISTORY AND DESCRIPTION of Fossil fuel, the Collieries and Coal trade of Great-Britain, by the Author of Treatise on Manufactures of Metal. Second edition, considerably augmented. One volume 8vo., illustrated by various wood-cuts. Price. . . . . 14 s.

HUGH MILLER. The old red Sandstone. In foolscap 8vo., cloth with nine plates and sheet of geological sections. Price. . . . . 6 s. 6 d.

ITALIE.

1er SEMESTRE DE 1841.

EMANUELE ESTILLER. Trattato elementare di fisica matematica. Palermo, nella reale stamperia, 1839. Tomo 1, di pag. 346, e 5 tavole.

OTTAVIO FERRARIO. Corso di chimica generale. Milano. Coi tipi di Luigi di Giacomo Picola, 1840. Fasc. XIX e XX (tomo V, fasc. 1 e 2). In-8°, ogni fasc. di pag. 160. . . . . 1 l. 83.
Pei non associati. . . . . 2 l. 70.

LUIGI LAVEZZARI. Memoria prima sui minerali della Svizzera Italiana, analisi della stilbite e del gesso o sulfato di calce in meride distretto di Mendrisio - Mendrisii; Tipografia della Minerva Ticinese, 1840. In - 8°, di pag. 16.

ALLEMAGNE.

1er SEMESTRE DE 1841.

Hartmann (Dr. Carl, Berg-Commissar). Encyklopädisches Wörterbuch der Technologie, der technischen Chemie, Physik, und des Maschinenwesens für Fabrikanten und Gewerbtreibende jeder Art u. s. w. 4ter Band, L bis Z. Mit 19 lithogr. Tafeln (7tes, 8tes Heft). Gr. in-8. (Wolle — Zwirnmühle). 769-964 p., fin. Augsbourg. 1 thl. 10 ggr.

Hofmeister (Adolph). Die Fabrikation des Alauns, so wie der Handel mit diesem Produkte und die über ihn erschienene Litteratur. Nach den besten Quellen, neuesten Forschungen und Entdeckungen dargestellt, zum Gebrauch für Techniker, Künstler und Professionisten, ganz besonders aber für Besitzer von Alaunwerken, Färber, Kaufleute ꝛc.; von ꝛc. In-8. (4 feuilles et demie, avec 1 feuille de figures). Leipsick, chez Hinrichs. 1840. . . . . 10 ggr.

Hünefeld (Dr. Fr. Ludw.). Chemie und Medicin in ihren Zusammenwirken, oder Bedeutung der neueren Fortschritte der organischen Chemie für erfahrungsmässige und speculative ärztliche Forschung, als vollständige Lehrschrift für die Studien der organischen Chemie überhaupt, insbesondere aber für die im Gebiete der Medicin und Pharmacie, so wie für die Fortschritte der Heilmittellehre; von etc. *In 2 Büchern.* Gr. in-8. (XXXIV—396, XXII—372 *pag.*). Berlin, chez Th. Enslin . . . . 4 thl.

Mayer (Dr. J. B.). Versuch einer Encyclopädie der Bergbaukunst. Gr. in-12 (4 feuilles et demie). Coblence, chez Hergt. Prix. . . . . 15 ggr.

Piette (L.). Die Nützlichkeit der Maschinen für die Abnehmer und Arbeiter, nebst einigen Bemerkungen über die gegenseitigen Pflichten der Fabrikherren und Arbeiter. In-8. (8 feuilles). Cologne, chez Du Mont-Schauberg. 15 ggr.

Reuss (Dr. Aug. Em.). Geognostische Skizzen aus Böhmen (1ster Theil).—Die Umgebungen von *Teplitz und* Biling, in Beziehung auf ihre geognostischen Verhält-

nisse. Ein Beitrag zur Physiographie des böhmischen Mittelgebirges. Mit 1 illum. geognostischen Karte (gr. in-fol.) und 9 lith. Tafeln (deren 8 in gr. 4 und 1 in querhalb-fol.) Gr. 8. (20 feuilles et demie). Prague. 3 thl.

BERZELIUS (Jacob). Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften; von etc. Eingereicht an die schwedische Academie der Wissenschaften den 31sten März 1839. Traduit en allemand par F. Wöhler (19e année). 2e livraison : Chimie végétale, Chimie animale et Géologie. Gr. in-8. (XII—325-760 pages, fin). Tubingue, chez Laupp. 1840. Prix 2thl. 71/2 ggr.

ERDMANN (Dr. C. G. H.). Lehrbuch der Chemie und Pharmakologie für Aerzte, Thierärzte und Pharmazeuten. Zum Gebrauch bei Vorlesungen und zum Selbstunterricht entworfen; von etc. 1re partie : Chimie inorganique et Pharmacologie. 2e Section. Gr. in-8. (VI=313-960, fin). Avec 3 tableaux gr. in-fol. et 5 planches lith. Berlin, chez Veit et Comp. 2 thl. 8 ggr.

Jahrbuch für den Berg- und Hütten-Mann auf das Jahr 1841. Herausgegeben und verlegt von der Königl. Bergakademie zu Freiberg. Gr. in-8 (VI—268 pages, avec 1 pl. lith. en 1 demi-feuille ornée) à Dresde et à Fribourg. Prix . . . . 20 ggr.

Polytechnisches Journal. Eine Zeitschrift zur Verbreitung gemeinnütziger Kenntnisse im Gebiete der Naturwissenschaft, der Chemie, der Pharmacie, der Mechanik, der Manufakturen, Fabriken, Künste, Gewerbe, der Handlung, der Haus- und Landwirthschaft rc. Herausgegeben zu Augsburg von Dr. Johann Gottfried Dingler, und Dr. Emil Maximilian Dingler. Band LXXIX—LXXXII. Neue Folge XXIX—XXXII (22e année). 1841. 24 livraisons, accomp. de figures. Gr. in-8. (1re livraison : 80 pages et 1 pl. lith.). Stuttgart. Cotta. Prix. 9 thl. 10 ggr.

Alphabetisches Sachregister von den in den Jahrgängen des Kalenders für den Sächsischen Berg- und Hütten-Mann, und zugehörigen Jahrbuches von 1827 bis mit 1840 enthaltenen freien Aufsätzen, Notizen, Nachrichten, Patenten und Verordnungen, soweit solche nicht den laufenden regelmäßig wiederkehrenden statistischen Nachrichten zugehören. Zusammengestellt von M. F. G. Herausgegeben und verlegt von der Königl. Bergacademie zu Freiberg. Gr. in-8. (131 pages). Dresde et Freiberg. . . . . 12 ggr.

Tschoffkin (C. v., General-Major). Ueber den Gold- und Silberverlust bei den Röstarbeiten. Der Versammlung der deutschen Naturforscher zu Jena mitgetheilt im September 1836. Gr. in-8. (1 feuille et demie). Weimar. Prix . . . . 7 1/2 ggr.

Whowell (W.). Geschichte der inductiven Wissenschaften, der Astronomie, Physik, Mechanik, Chemie, Geologie etc.; von der frühesten bis zu unserer Zeit. Nach dem Englischen des etc.; mit Anmerkungen von J. J. von Littrow, Director der Sternwarte in Wien. 2ter Theil. Gr. in-8. (36 feuilles et demie). Stuttgart, chez Hoffmann, 1840. 1 thl. 15 ggr.

Kayser (C. H.). Handbuch der Mechanik mit Bezug auf ihre Anwendung, und mit besonderer Rücksicht auf ihre Darstellung ohne Anwendung der höhern Analysis; bearbeitet von etc. Mit lithographirten Tafeln. Gr. in-8. Carlsruhe . . . . 4 thl.

Mitscherlich (E.) Lehrbuch der Chemie; von etc. 1ster Band, 1ste Lief. 4te Auflage. Gr. in-8. (1-192 pages). Berlin, chez Mittler . . . . 1 thl. 5 ggr.

Agassiz (L.). Études sur les glaciers. Ouvrage accomp. d'un atlas de 32 pl. lith. in-fol. Gr. in-8. (V—246 p.). à Neuchatel, à Soleure. . . . . 11 thl. 10 ggr.

— Etudes critiques sur les mollusques fossiles (1e livr.). Gr. in-4. (II—58 pages). Avec 11 pl. lith. A Soleure. 3 thl. 15 ggr.

Demme (A. V.). Der praktische Maschinenbauer. Enthaltend Anweisungen, neue, verbesserte Web- und Bandstühle, Band- und Seidenmühlen, Maschinen zum Schlichten der Kettenfäden, zum Sengen der Zeuge, zur Fabrikation der Sprungfedern, der Kartätschen etc., zum Drucken der Tapeten, zum Zerschneiden der Lumpen, zum Säen und Dreschen des Getreides, zur Fabrikation der Stecknadeln, der gereiften Cylinder; Kühl- Destillir- Klär- und Cannetrir-Apparate; verbesserte Pianoforte, Pumpen, Pressen, Rauchverbrenner, Blasebälge, Pendülen, Spinnräder u. s. w. zu construiren. Ein Handbuch u. s. w. 5te Lieferung. Mit 28 lith. Tafeln Abbildungen (in quer Halb-Fol.). In-8. (VI—204 pages.) Quedlinbourg. . . . . 2 thl.

Hartmann (Carl). Conversations-Lexikon der Berg-, Hüt-

ten- und Salzwerkskunde, und ihrer Hülfswissenschaften; enthaltend die Beschreibung und Erklärung aller in der Mineralogie, Geologie u. s. w. vorkommenden Gegenstände und Begriffe u. s. w. 3ter Band H-P. Petit in-8. (802 pages). Stuttgart . . 1 thl. 18 3|4 ggr.

LEONHARD (K. C.). Geologie oder Naturgeschichte der Erde, auf allgemein faßliche Weise abgehandelt. 18te, 19te Abth. (4ter Band). Mit 4 Stahlstichen und 2 Vignetten. In-8. (1-192 pages). Stuttgart . . . . 1 thl.

NETTO (Dr. F. A. W.) Anweisung zur Galvanoplastik. Gr. in-8. Avec pl. 64 p. Quedlinbourg. Prix . . 15 ggr.

WEHRLE (Dr. Alois). Lehrbuch der Probier- und Hüttenkunde, als Leitfaden für akademische Vorlesungen. 2 Bände. Mit 1 Hefte von 27 Kupfertafeln. Gr. in-8 (XXXII—488 p. Avec 1 tab.) Vienne . . . . 6 thl.

EHRENBERG (Dr. C. G.). Kurze Nachricht über 274 seit dem Abschluss der Tafeln des grössern Infusorienwerkes neu beobachtete Infusorien-Arten. Gr. in-8. (24 pages). Berlin, 1840. . . . . 10 ggr.

Ueber noch zahlreich jetzt lebende Thieraten der Kreidebildung; von etc. Nach Vorträgen in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin in den Jahren 1839 und 1840. Nebst 4 colorirten Kupfertafeln. Gr. in-fol. (94 pag.). Berlin et Leipsick . . . . 4 thl.

WEINLIG (C. A.). Lehrbuch der theoretischen Chemie. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zur Repetition für Studirende. (3te Lief.). Gr. in-8. (VII—385-592 p., fin.). Leipsick, chez Voss. Prix de souscription. 1 thl. 15 ggr.

CRELLE (Dr. A. L.). Ueber die Jahrpreise auf Eisenbahnen. Besonders abgedruckt aus dessen « Journal für die Baukunst. Band 14, heft 2. » Gr. in 4. (55 pag.). Berlin, chez Reimer, 1840. . . . . 15 ggr.

GAUSS (C. F.). Dioptrische Untersuchungen, von etc. Gr. in-4. (24 p.). Göttingue, chez Dietrich. Prix 10 ggr.

GOEPPERT (A. R.). Die Gattungen der fossilen Pflanzen, verglichen mit denen der Jetztwelt, und durch Abbildungen erläutert; von rc. — Les genres des plantes fossiles comparés avec ceux du monde moderne, expliqués par des figures; par etc. (1ste, 2te Lief.). Quer gr. 4. Bonn, chez Henry . . . . 2 thl. 20 ggr.

Stern (Dr. M. A.). Ueber die Auflösung der transcendenten Gleichungen. Eine von der Königlich Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften gekrönte Preisschrift. Besonders abgedruckt aus Crelle's Journal für die Mathematik Bd. XXII. Gr. in-4. 62 pages. Berlin. . . . . 20 ggr.

Wackenroder (Dr. H.). Chemische Tabellen zur Analyse der unorganischen und organischen Verbindungen. Ein Handbuch in Tabellenform, zum Gebrauch bei analytisch-chemischen Untersuchungen; von etc. IIter Theil: Organische Verbindungen. 1ste Abtheil.: Stickstofffreie organische Säuren 1-21 pages. 3te vermehrte Aufl. etc. — Auch u. d. T.: Ausführliche Charakteristik der wichtigern stickstofffreien organischen Säuren. Nebst einer Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse der organischen Körper und ihrer Verbindungen; von etc. Gr. in-fol. (VIII—21 pages). Jena, chez Cröker. Prix . . , ... 1 thl.

Sadebeck (Dr. Moritz). Anfangsgründe der Chemie. Leitfaden für den Unterricht an Gymnasien und Realschulen; von etc. gr. in-12. Breslau. . . . . 20 ggr.

Schlossberger (Dr. J. C.). Vergleichende chemische Untersuchungen über das Fleisch verschiedener Thiere. Eine von der medicinischen Fakultät zu Tübingen im Jahre 1838 gekrönte Preisschrift. Mit einem Vorwort von C. G. Gmelin, Dr. d. Med. u. o. Prof. d. Chemie. Gr. in-8. (55 pages). Stuttgart, 1840 . . . . 10 ggr.

Neue Druckschriften der allgem. schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften. Nouveaux mémoires de la société helvétique des sciences naturelles. Band IV; mit XXII lith. Tafeln. Gr. in-4. (47 feuilles et demie). Neuchatel et Soleure . . . 7 thl.

Die Fabrikation des Bleizuckers und der essigsauren Tonerde nach den neuesten Verbesserungen. In-8. (40 pages). Nuremberg. . . . . 12 1/2 ggr.

Liebetrau (Leopold). Gründliche Anweisung zur Bearbeitung des Kupfers, Zinkes, Zinnes und Bleies, und die bei diesen Metallen so häufig vorkommenden Schieferbrüche zu verhüten, so wie zur Anfertigung einer neu erfundenen Metall-Composition, und eines neuen harten Schlagloths. Für Kupferhütten und Kupferhämmer, so wie für Künstler,

welche sich mit Anfertigung der Metall-Compositionen beschäftigen. Mit 4 lith. Taf. Abbildungen. In-8. (43 p.). Quedlinbourg, chez Basse. . . . . 12 1/2 ggr.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, VIe série. Sciences mathématiques, physiques et naturelles. Tom VI., 2e partie : Sciences naturelles. Tom IV. Gr. in-4. (Livres 1, 2 : 156 p., avec 4 pl. lith.) St.-Pétersbourg, 1840. Leipsick, chez Voss . . . . 11 thl. 7 1/2 ggr.

Berzelius. Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften; von etc. Eingereicht an die schwedische Academie der Wissenschaften, den 31sten März 1840. Im Deutschen herausgegeben von F. Wöhler. 20ster Jahrg., II. Heft. Unorganische Chemie, Mineralogie. Gr. in-8. (266 pages). Tubingue, chez Laupp . . . . 1 thl. 20 ggr.

Ehrenberg (C. F.). Geometrische Constructionen. Zur praktischen Anwendung für Techniker und technische Bildungsanstalten zusammengestellt; von etc. XXV lith. Tafeln. Francfort-sur-Mein. . . . . 2 thl.

Scharrer (Dr. Johannes). Deutschlands erste Eisenbahn mit Dampfkraft, oder Verhandlung der Ludwigs-Eisenbahn-Gesellschaft in Nürnberg, von ihrer Entstehung bis zur Vollendung der Bahn, mit Darlegung des Erfolgs ihres Betriebs, von &c. 5te Fortsetzung, den zehnten Bericht des Direktoriums (über das fünfte Verwaltungsjahr) enthaltend. Gr. 4. (17 pages). Nuremberg. . . . . 8 ggr.

Wœckel (Dr. L.). Formeln und Aufgaben zur Stereometrie. Für Gymnasien, Gewerbschulen und zum Selbstunterricht. Gr. 12. (66 pages). Nuremberg. Prix. . . 7 1/2 ggr.

Oettinger (Dr. L.). Die Versetzungen mit Wiederholungen zu bestimmten Summen aus einer oder mehreren beliebig beschränkten Elementar-Reihen, nebst ihrer Anwendung auf Analysis und Wahrscheinlichkeits-Rechnung; von etc. Gr. 4. (90 pages). Fribourg, chez Emmerling 1840 . . . . 20 ggr.

Rammelsberg (C. F.). Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie. 1ste Abth. : A-M, 2te Abth. : N-Z. Gr. 8. (XXXVI—422, 326 p.). Berlin, chez Lüderitz. . . . . 4 thl.

Berzelius (J. J.). Lehrbuch der Chemie, von etc. Aus der schwedischen Handschrift des Verfassers übersetzt von F. Wöhler. 3te umgearbeitete und vermehrte Original-Auflage. 10ter Band, 1stes Heft. Gr. in-8. (1-128 pages). Dresde et Leipsick. Prix de souscription pour les quatre premières livraisons. 2 thl. 20 gr.

Ehrmann (M. S.). Handbuch der populären Chemie in ihrer vielseitigen Beziehung zum gemeinen Leben und vorzüglich zur Gewerbskunde, so wie der mannigfachen Benützung chemischer Grundsätze und Thatsachen. Ein unentbehrliches Hülfsbuch für Nichtstudirte u. s. w. Gemeinfaßlich zusammengestellt und herausgegeben von ꝛc. (4te bis 7te Lief.) 1ster Band. Gr. in-8. (I S. 481 bis 646, Schluß: II S. 1 bis 480). Vienne . . . . 2 thl.

Goldfuss (Aug.). Petrefacta Germaniæ, tam ea quæ in museo universitatis regiæ borussicæ Fridericiæ Wilhelmiæ Rhenanæ servantur, quam alia quæcunque in museis, Hœningusiano, Munsteriano aliisque extant, iconibus et descriptionibus illustrata. — Abbildungen und Beschreibungen der Petrefacten Deutschlands und der angränzenden Länder, unter Mitwirkung des Herrn Grafen Georg zu Münster; herausgegeben von etc. (7te Lief.) 2ter The. Roy. Fol. Düsseldorf. . 10 thl.

Allgemeine Gewerbs-Bibliothek. Enthaltend: Berichte über alle neue Erfindungen, Verbesserungen und Vorschläge in den verschiedenen Zweigen des Fabrik- und Manufakturwesens, der Gewerbe und Künste, der technischen Chemie der Haus- und Landwirthschaft ꝛc. Herausgegeben von einem Vereine praktischer Techniker. Mit Abbildungen. 1ster Band. 3tes bis 5tes Heft. In-8. (S. 65 bis 16.. mit 38 lith. Taf.). Quedlinbourg, chez Basse, 1841. 15 gr.

Scholle (Friedrich). Praktischer Unterricht im Zuschneiden für Klempner, Silber-, Kupfer- und überhaupt Metallblecharbeiter. 1stes bis 3tes Heft. In-4. (S. 1 bis 10, mit 6 lith. Taf.). Dresde. Prix. . . . . 9 3/4 gr.

Wöhler (Dr. F.). Grundriss der Chemie; von etc. 2ter Theil. Organische Chemie. Auch u. d. T.: Grundriss der organischen Chemie; von etc. 2te verbesserte und vermehrte Auflage. Gr. in-8. (X u. 173 S.) Berlin. 20 gr.